ＩＴＳ班７－１

車車・路車・路路間通信
シミュレーション結果のご報告

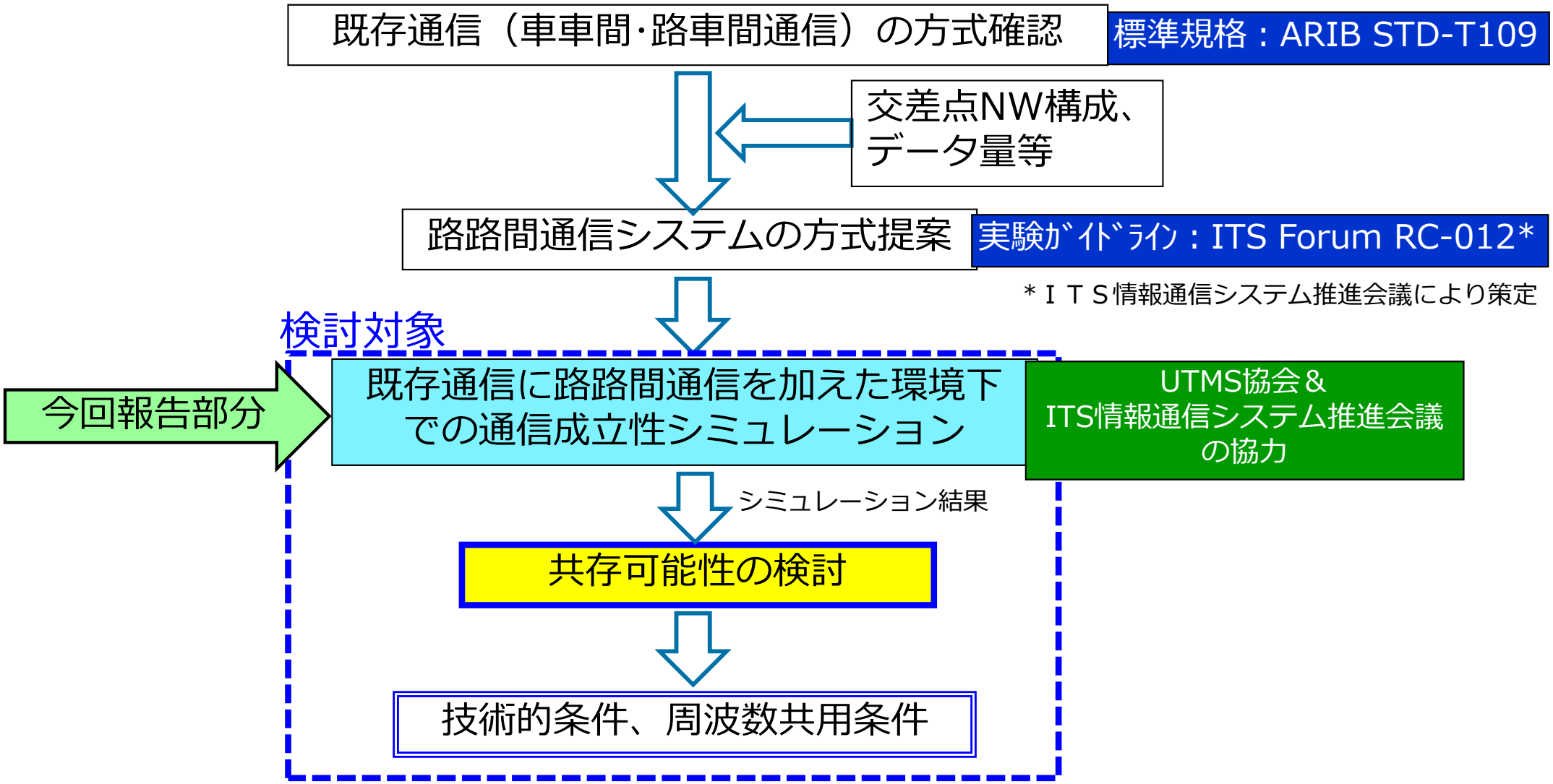
2016年10月28日

一般社団法人　UTMS協会

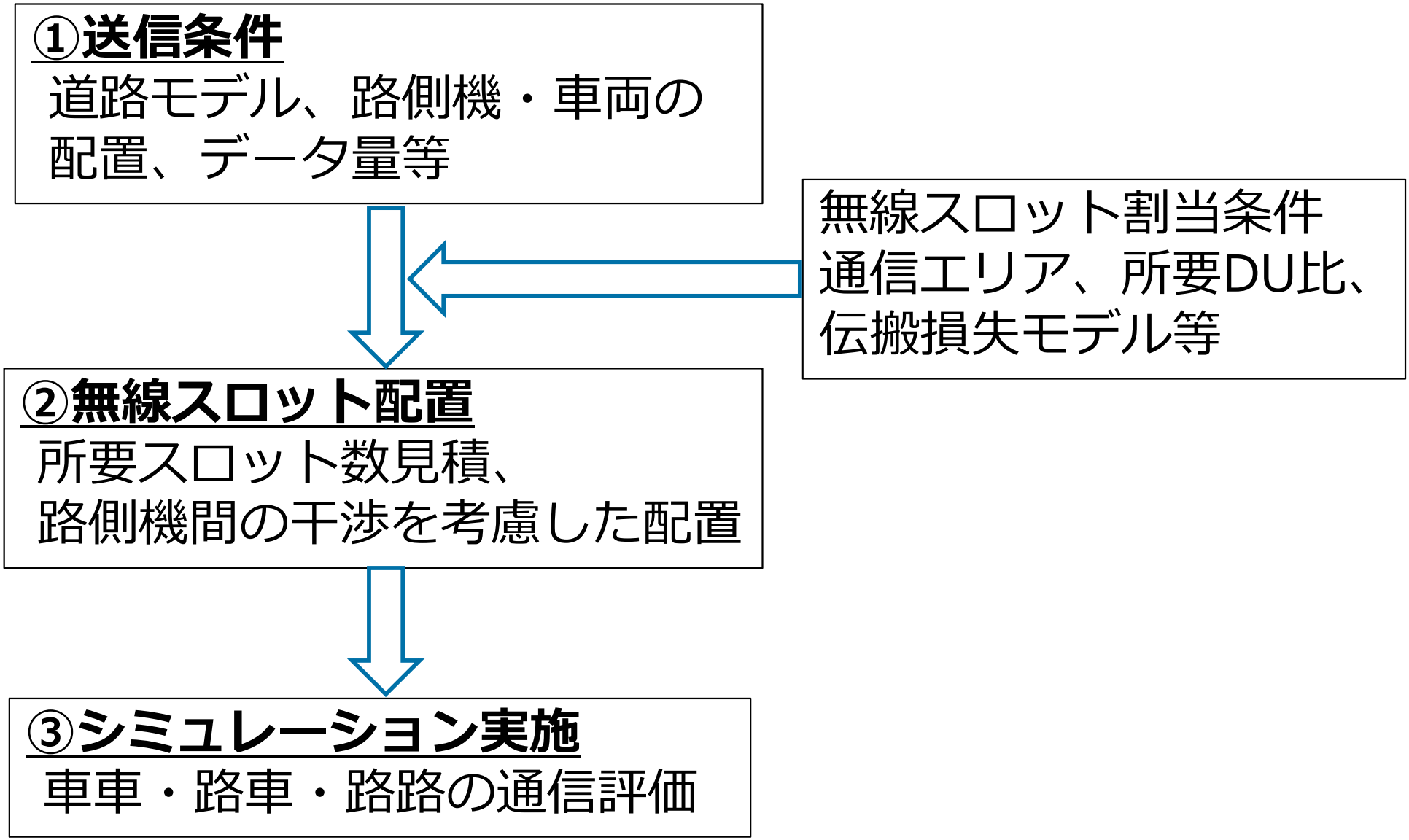
目次

１．技術的条件等の検討に向けて
２．通信成立性シミュレーションの内容
３．シミュレーションの前提条件
４．無線スロット割当条件
５．無線スロット割当方法
６．通信成立性シミュレーションによる評価
７．通信成立性シミュレーション結果のまとめ

1. 技術的条件等の検討に向けて



2. 通信成立性シミュレーションの内容



3. シミュレーションの前提条件（①送信条件:路側機配置）

❑ 路側機各種条件

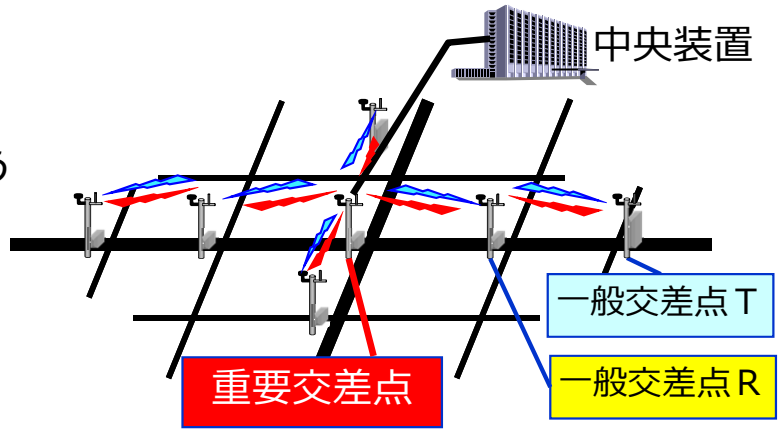
<基本条件>

■ 各交差点に合わせたサービスのための路車・路路間通信を行う

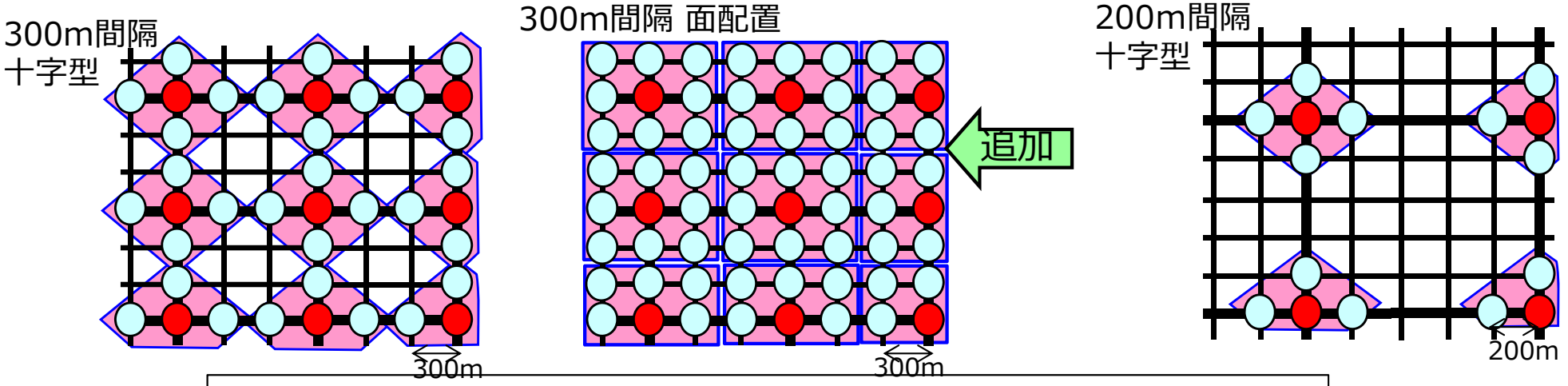
<パラメータ条件>

■ 設置交差点間隔：300m、200m
■ 中継伝送有無：２回中継まで
■ 近接信号情報提供システム(*1)有無

(*1)近接交差点の信号情報を路車･路路間通信を活用し、まとめて送信するシステム



※路側機を設置する交差点間隔などの各種条件は、過去の検討条件*と同等

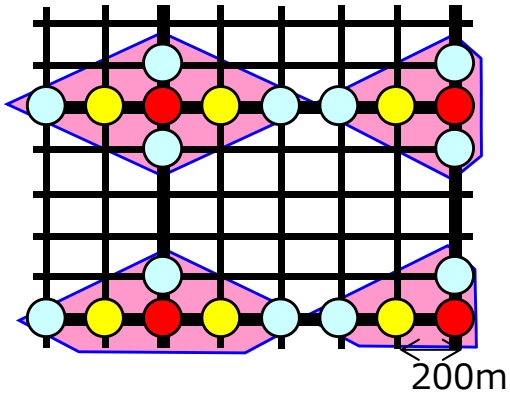


*700MHz帯安全運転支援通信システムの技術的条件の検討での前提条件

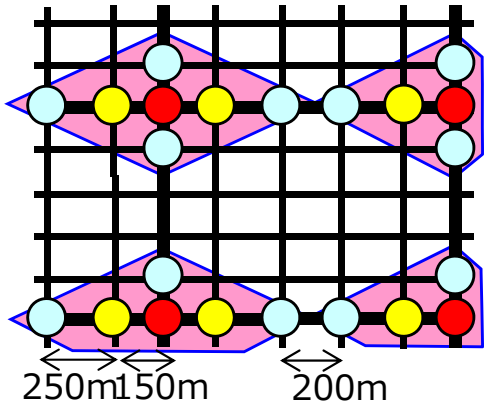
3.1 シミュレーションの前提条件（①送信条件:路側機配置）

(*1)近接信号情報提供システム

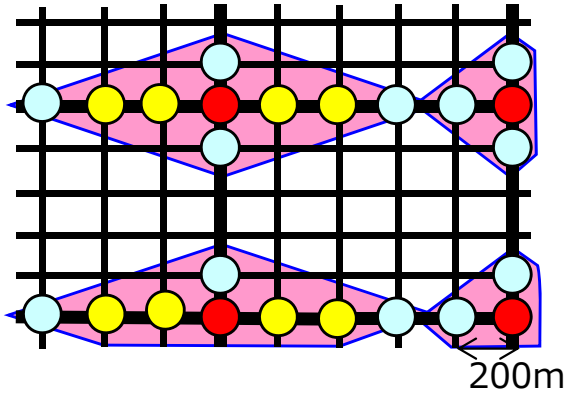
200m間隔1回中継型



200m間隔1回中継型 (近接(*1)有)

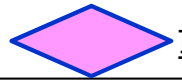


200m間隔2回中継型



- 重要交差点
  - データ量：路車：多、路路：多
- 一般交差点R(中継有)(*2)
  - データ量：路車：中程度、路路：やや多
- 一般交差点T
  - データ量：路車：中程度、路路：中程度

(*2)路路間通信のみの場合有り



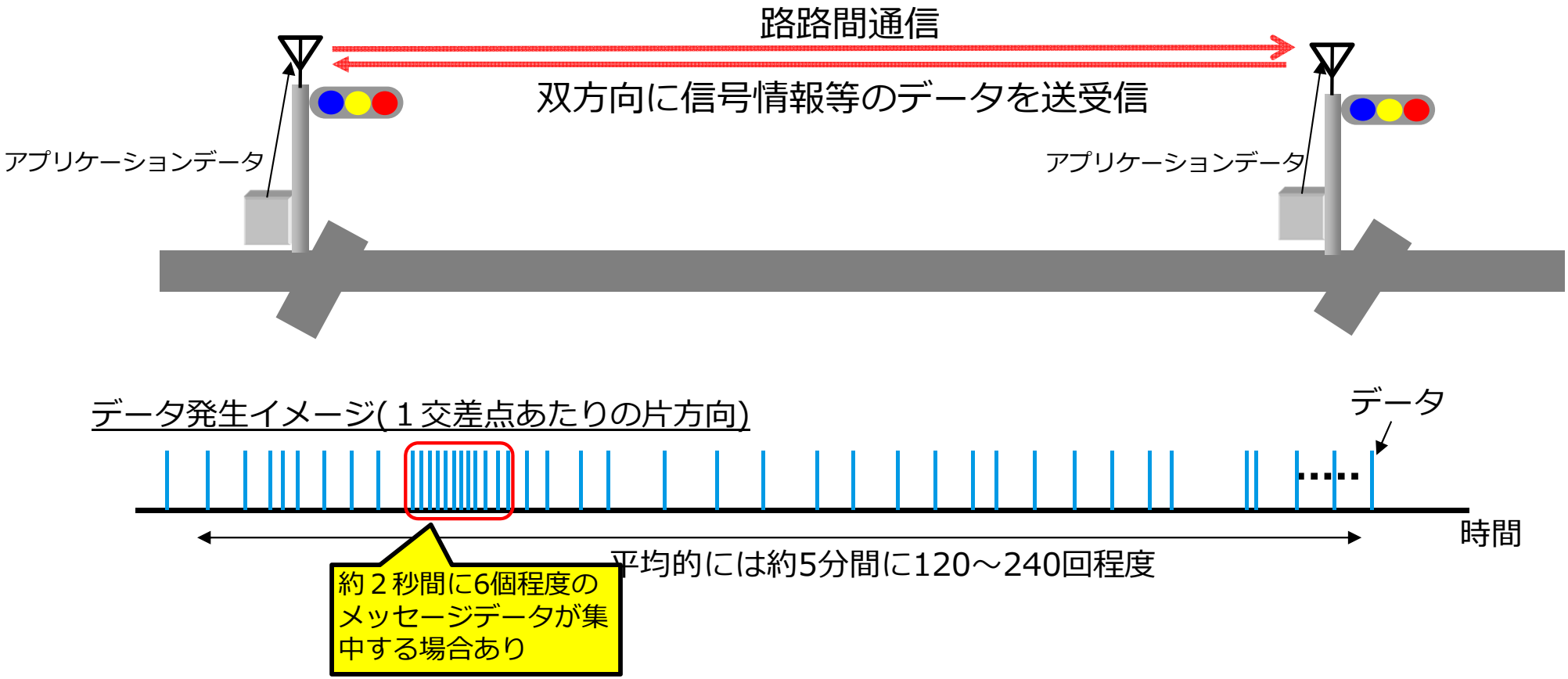
重要交差点にある路側機とそれに接続する路側機による交差点NW

シミュレーションではこれらの例示した交差点ネットワーク構成例(*3)にて、交差点に設置した路側機から路車間通信、路路間通信の各情報を送信する

(*3)シミュレーション用の典型的な交差点ネットワーク構成の例示であり、実際の交差点ネットワーク構成の全てのパターンを示しているわけではない

3.2 シミュレーションの前提条件（①送信条件:路路間通信データ量見積）

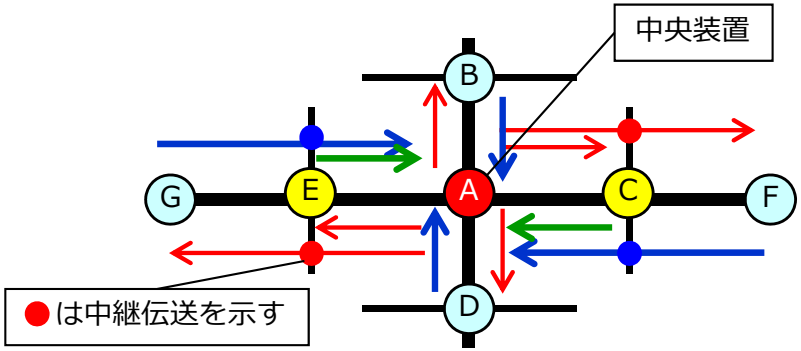
- 路路間通信のアプリデータは、１交差点当たり平均的には２.５秒に１～２回程度のデータ発生。
  ただし、アプリケーションの動作状況によってはデータが短時間に集中する場合がある。



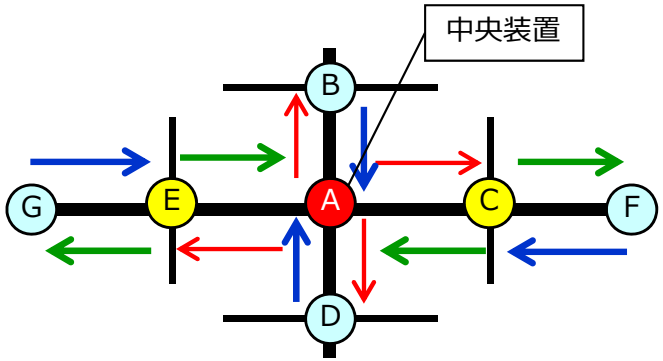
➲データが集中した際にも、伝送遅延許容時間内にデータ伝送が必要

3.3 シミュレーションの前提条件（①送信条件:路路間通信データ量見積）

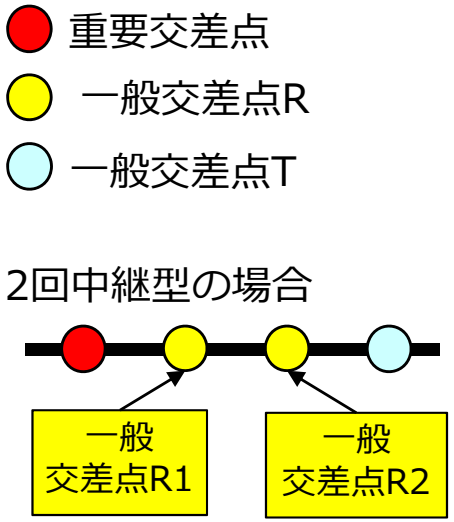
（例）200m間隔１回中継型



信号制御情報A
(各交差点と中央装置が通信)



信号制御情報B
(隣接交差点同士で通信)



信号制御情報A、Bともに、データが短期間に集中する場合のデータ間隔は**概ね300ms**

路側機が300ms毎に送信するアプリケーションデータ量（Byte）

＊ ×４等の数字はメッセージ数を示す

	200m、300m間隔 十字型		200m間隔1回中継型			200m間隔2回中継型			
	重要 交差点	一般 交差点 T	重要 交差点	一般 交差点 R	一般 交差点 T	重要 交差点	一般 交差点 R1	一般 交差点 R2	一般 交差点 T
信号制御 情報A	送信 100×4*	送信 100×1	送信 100×6	送信100×1 中継100×2	送信 100×1	送信 100×8	送信100×1 中継100×4	送信100×1 中継100×2	送信 100×1
信号制御 情報B	送信 170×4	送信 170×1	送信170×4	送信170×2	送信 170×1	送信 170×4	送信170×2	送信170×2	送信 170×1

3.4 シミュレーションの前提条件（①送信条件:路車間通信データ量見積）

安全運転支援システム(右折時衝突防止支援システム等)の情報

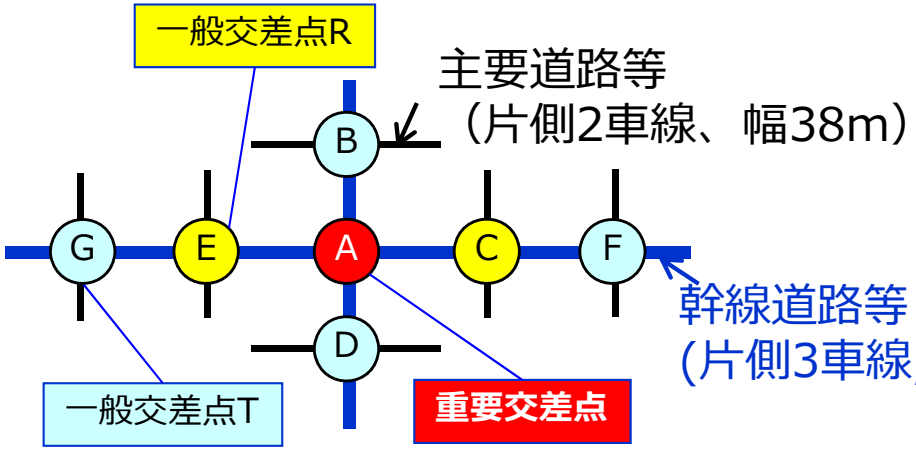
例：200m間隔1回中継型（近接信号情報なし）

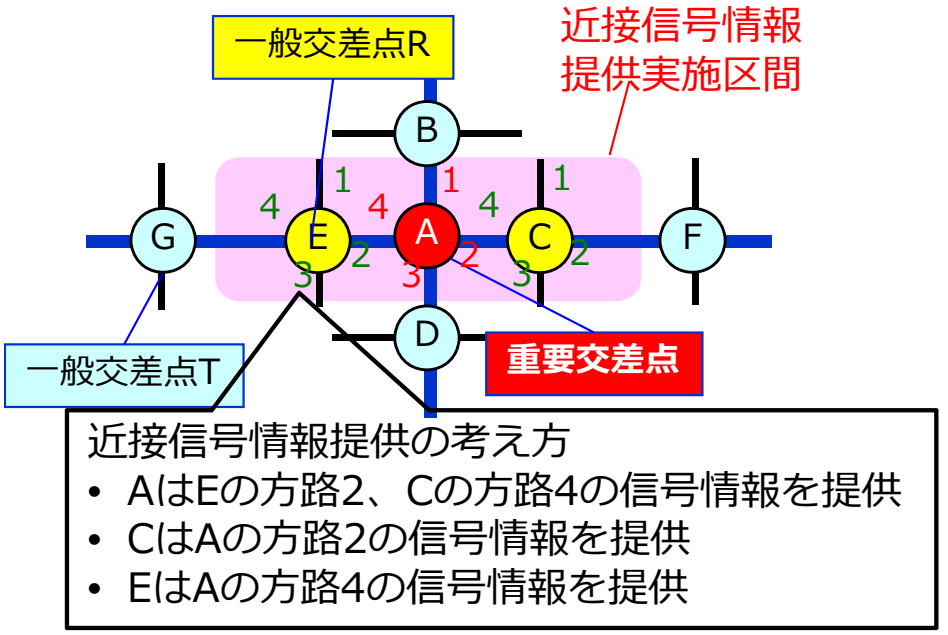
交差点タイプ	提供情報	方路数	備考
重要交差点	DSSS*1情報	4方路	幹線道路の方路に対して提供
一般交差点 R	DSSS情報	2方路	
一般交差点 T	DSSS情報	2方路	

*1DSSS:安全運転支援システム

例：200m間隔1回中継型（近接信号情報有り）

交差点タイプ	提供情報	方路数	備考
重要交差点	DSSS情報 近接信号情報含	4方路	幹線道路の方路に対して提供
一般交差点R	DSSS情報 近接信号情報含	2方路	
一般交差点T	DSSS情報	2方路	





・各交差点の路側機は、DSSS情報を路車間通信で提供

・その他、緊急車接近情報提供*2あり（緊急車の緊急走行時）

*2緊急車の車車間情報を路車間／路路間通信により中継

3.5 シミュレーションの前提条件（①送信条件:路車間通信データ量見積）

路側機が100ms毎に送信するアプリケーションデータ量（Byte）

	条件No	情報内容	データ量（Byte）	メッセージ数
重要交差点	1	道路線形、信号情報、 センサ情報、緊急車情報等	2500	6
	2	道路線形、信号情報(近接信号情報含)、 センサ情報、緊急車情報等	2700	14

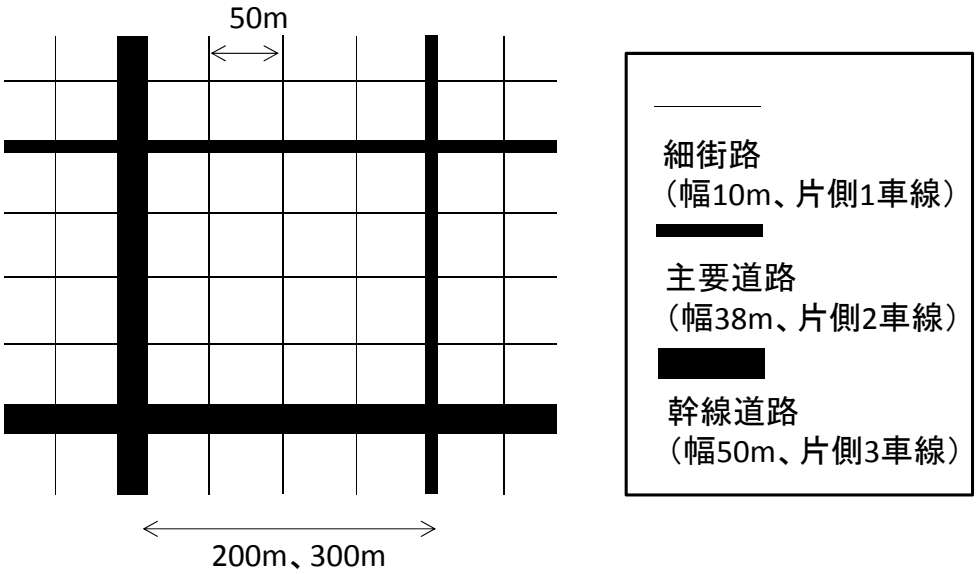
	条件No	情報内容	データ量（Byte）	メッセージ数
一般交差点R	1	道路線形、信号情報、 緊急車情報等	900	4
	2	道路線形、信号情報(近接信号情報含)、 緊急車情報等	1000	8

		情報内容	データ量（Byte）	メッセージ数
一般交差点T		道路線形、信号情報、 緊急車情報等	900	4

3.6 シミュレーションの前提条件（①送信条件:車車間通信）

※700MHz帯安全運転支援通信システムの技術的条件の検討での前提条件と同等

❑ 道路種類と配置条件



❑ 車線毎の車両台数

車両密度条件	幹線道路	主要道路	細街路
低い	23台/km	23台/km	16台/km
高い	43台/km	43台/km	30台/km

❑ 車車間通信

・アプリデータ量：100byte
・送信頻度：100ms

4. 無線スロット割当条件

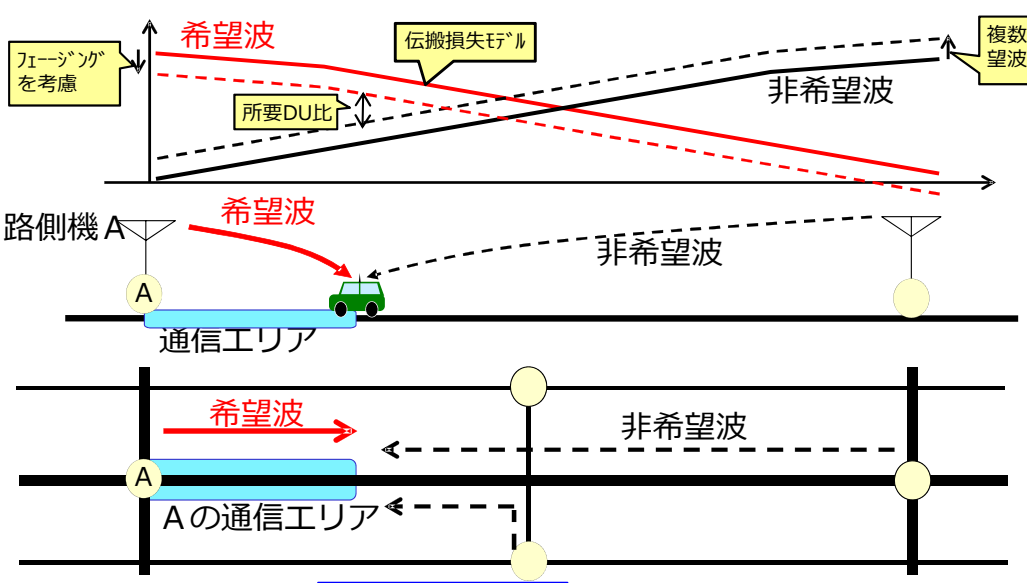
※700MHz帯安全運転支援通信システムの技術的条件の検討での前提条件と同等

■ 路側機間の干渉がないような路車、路路用無線スロット割当が必要
- 路車間通信：通信エリア端のDU比を調査
- 路路間通信：通信相手の位置のDU比を調査

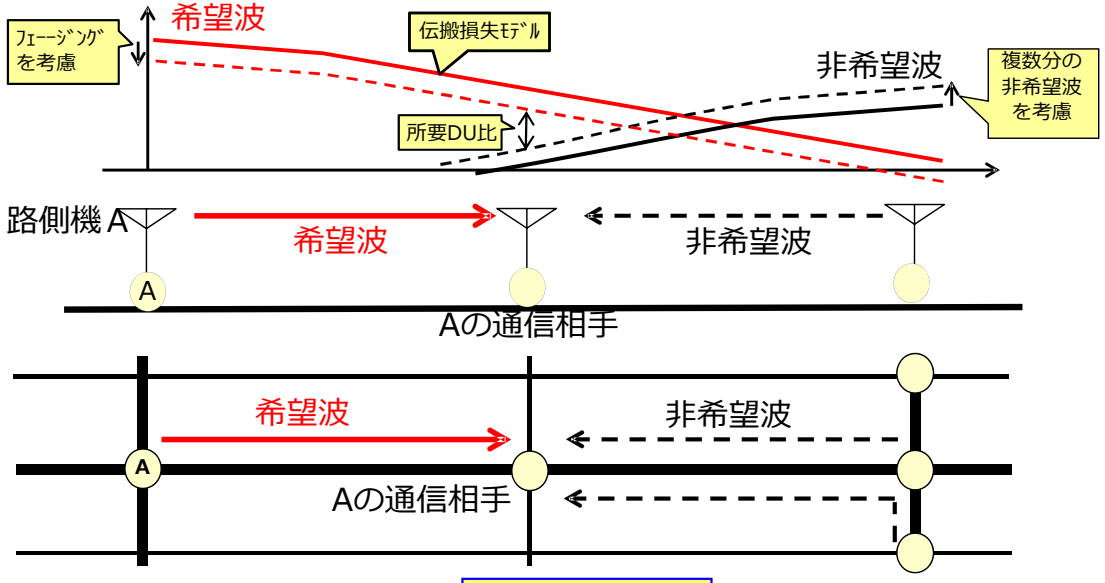
所要DU比を確保できる場合、同じスロット番号を割当可能

■ 他条件

		路車	路路	備考
通信エリア		240m	200m or 300m	路路：通信相手までの距離＝交差点間隔
所要DU比 21.4dB	許容DU比	14dB		変調方式（路車・路路）：16QAM1/2
	フェージングマージン	4.4dB		路車：4.4dB（@240m） 路路：3.2dB（200~300m平均）
	複数非希望波考慮	3dB		



路車間通信



路路間通信

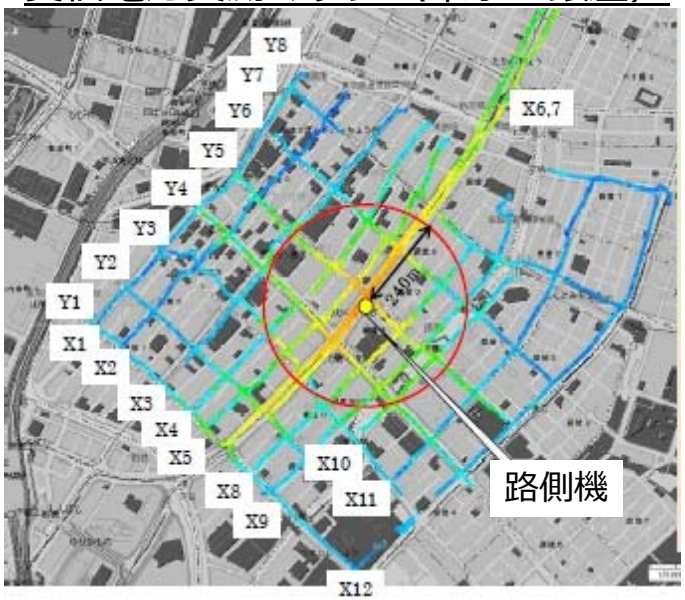
4.1 伝搬損失モデル

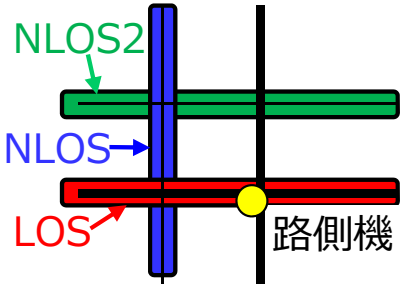
※700MHz帯安全運転支援通信システムの技術的条件の検討での前提条件と同等

	伝搬損失モデル	備考
車車	伊藤・多賀モデル	“車車間通信環境における見通し内伝搬損失推定”, 信学技報106(491), pp.95-100, 2007-01-18 “車車間通信環境における見通し外伝搬損失推定”, 信学総大 通信(1)106(491), pp.61, 2008-03-05
路車 路路	技術試験事務モデル	路車：“市街地700MHz帯路車間通信環境における電波伝搬損失モデル”, 信学技報, AP2012-1 路路：試験事務(‘11)の実測結果より、路車モデルとよく一致するため路車モデルを路路にも適用

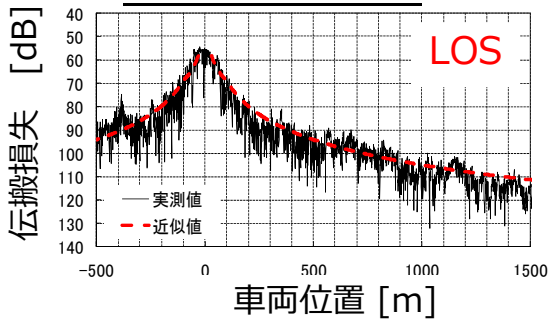
伝搬損失モデル（路車・路路）

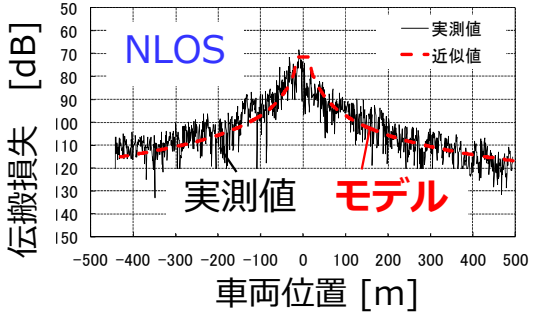
受信電力実測マップ（東京・銀座）

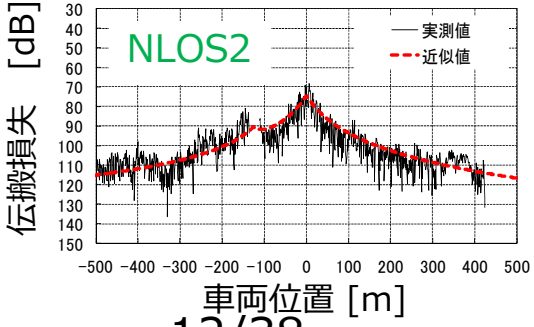




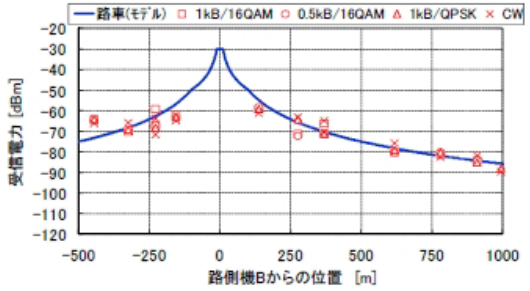
実測値とモデル（路車）

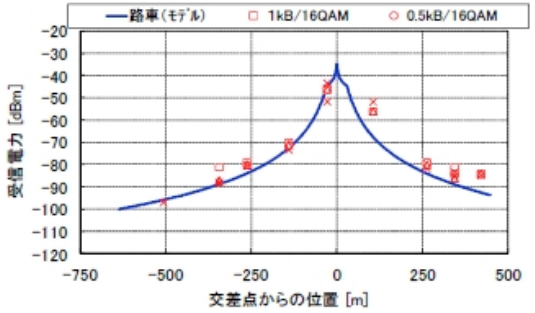


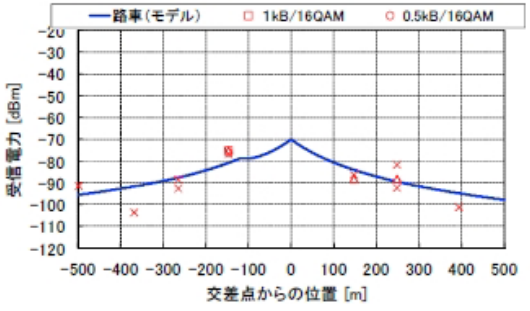




実測値（路路）とモデル（路車）



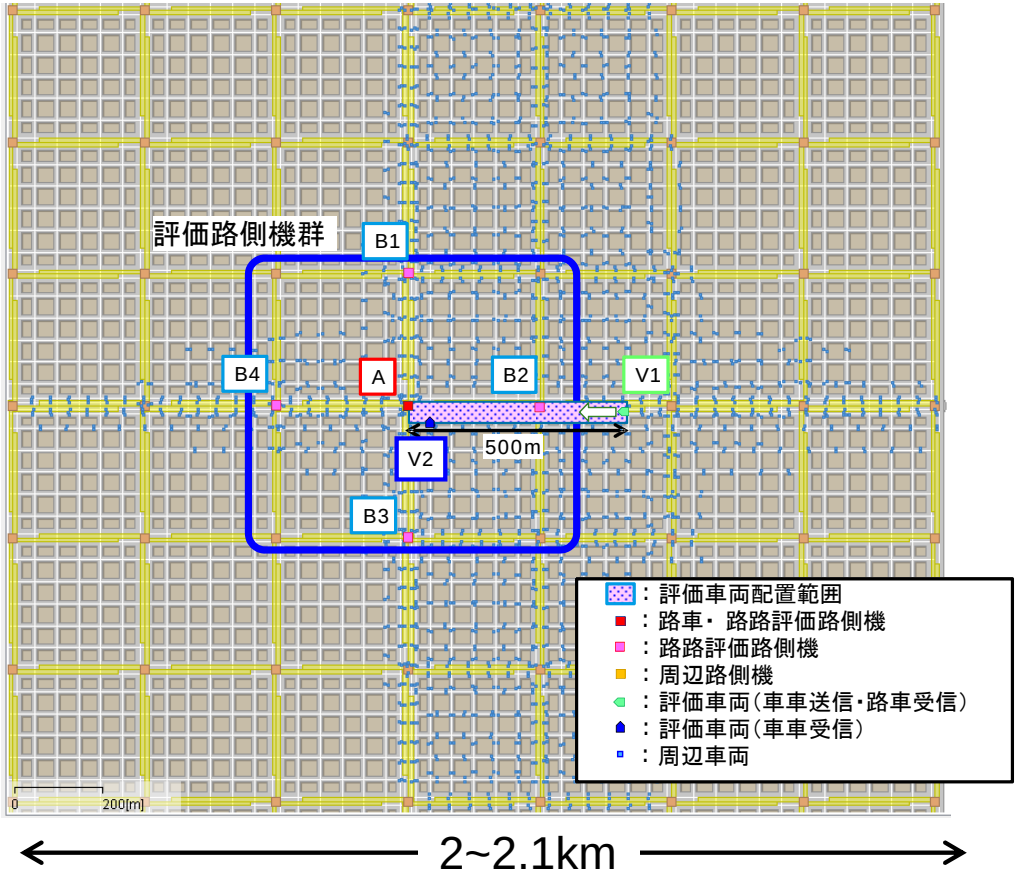




4.2 その他の条件一覧

項目	路側機	車載機
周波数	760MHz	
送信電力	10mW/MHz	
変調方式	16QAM1/2	QPSK1/2
データ量/生成周期	略(前提条件の通り)	100bytes/100ms
送信周期	路車間：100ms 路路間：200ms	100ms
アンテナ高	6m	1.5m
アンテナ指向性	無指向	
アンテナ利得	0dBi	
給電損失	0dB	3dB
受信感度	-77dBm（16QAM1/2） -82dBm（QPSK1/2）	-77dBm（16QAM1/2） -82dBm（QPSK1/2）
所要DU比	14dB（16QAM1/2） 9dB（QPSK1/2）	14dB（16QAM1/2） 9dB（QPSK1/2）
キャリア センスレベル	-	-85dBm
CWサイズ	-	63
伝搬損失モデル	技術試験事務モデル	伊藤・多賀モデル
フェージング最大損失	4.4dB	6.4dB
フェージング損失の 確率分布	正規分布（損失のみを考慮）	
フェージング損失値発 生の標準偏差	1.89dB	3.89dB
車両の遮蔽損	-	0.5dB/台 (最大8dB)

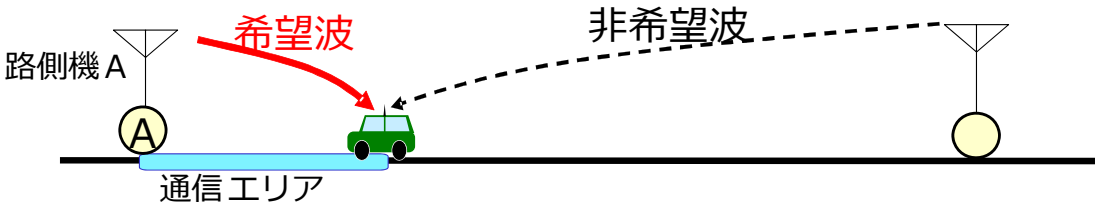
※700MHz帯安全運転支援通信システムの技術的条件の検討での前提条件と同等

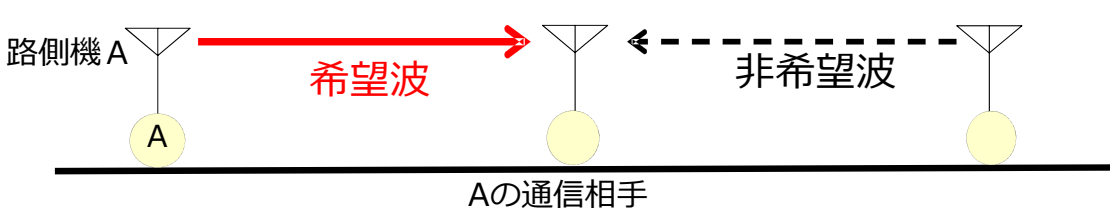


周辺車両は、評価車両配置範囲内での受信電力が-85dBm以上になる範囲のみに配置。

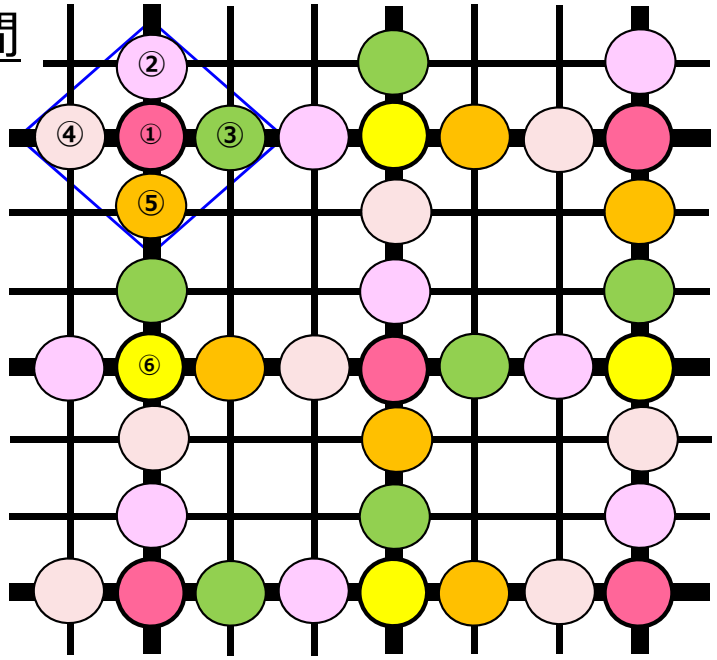
5. 無線スロット割当方法

- 路側機間の干渉がないように路車、路路用に無線スロットを割当。
  - 路車間通信は、通信エリア端のDU比を調査
  - 路路間通信は、通信相手の位置のDU比を調査
- ➲ 所要DU比を確保できる場合、同じスロットを割当可能(下図では同じ色を割当)



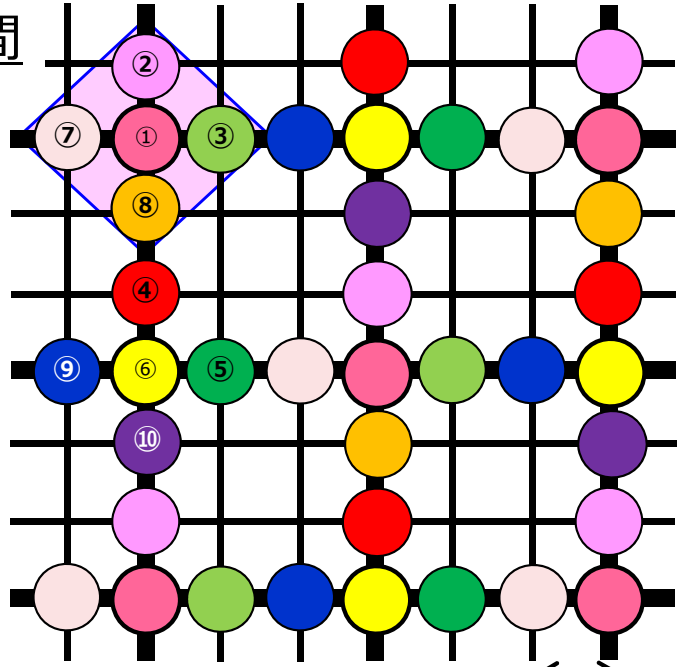


路車間



割当色数：6

路路間



割当色数：10

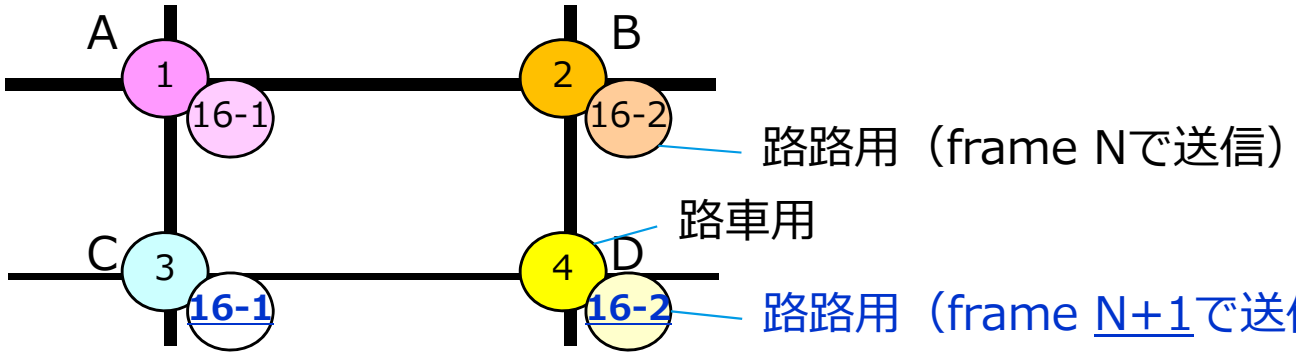
5.1 路路間通信用無線スロットの割当方法

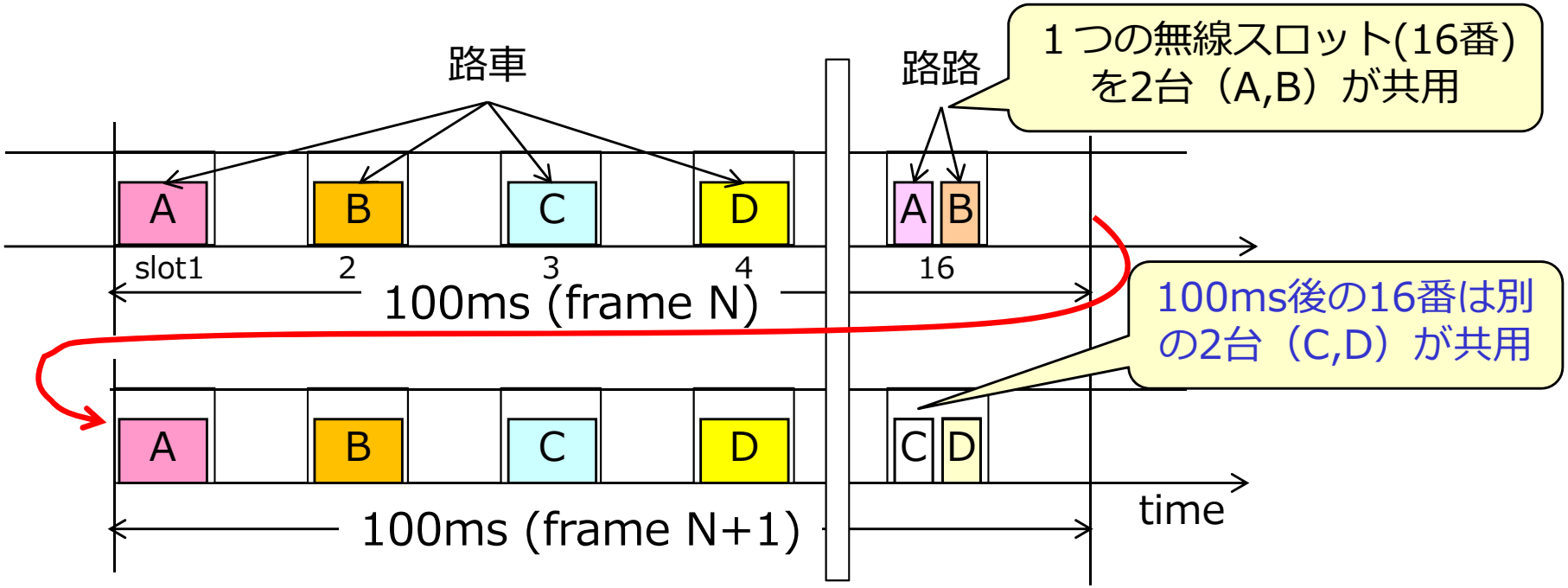
路路間通信用無線スロットの共用方式（**実験用路路間通信ガイドライン ITS FORUM RC-012**）

・複数の路側機で無線スロットを共用

　１つの無線スロットを更に時間分割する共用方法と、送信頻度を少なくして交互に使用する共用方法

（例）　4路側機が1つの無線スロットを路路間通信用に使用する場合

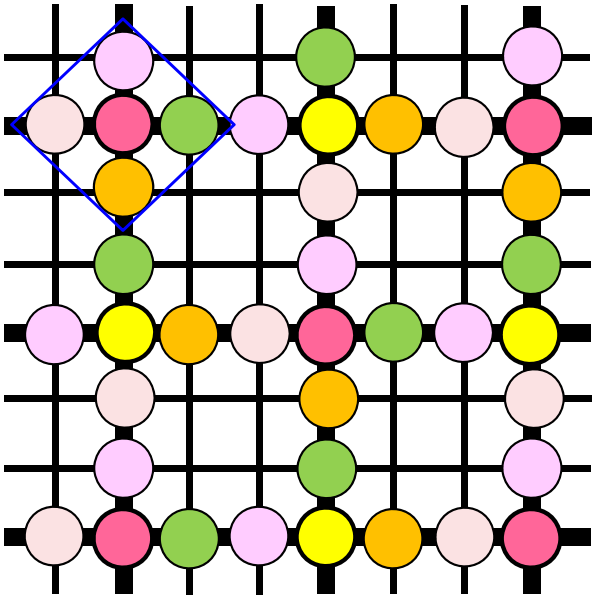




5.2 無線スロット配置方法

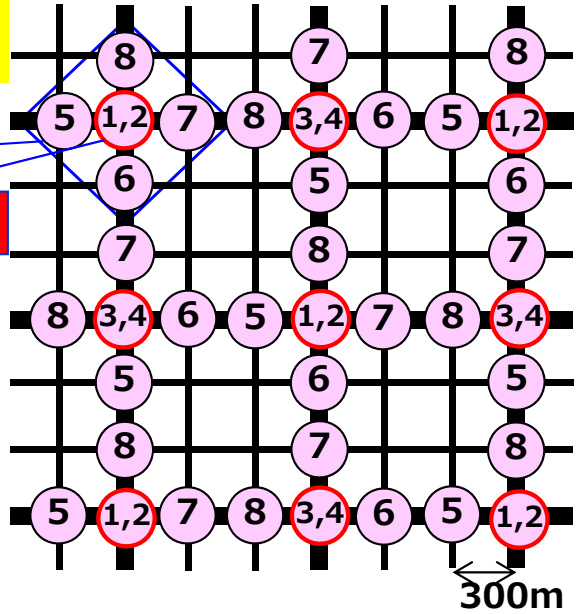
（例）300m/十字型

所要色数（計16色）→ 所要スロット数（計10スロット）



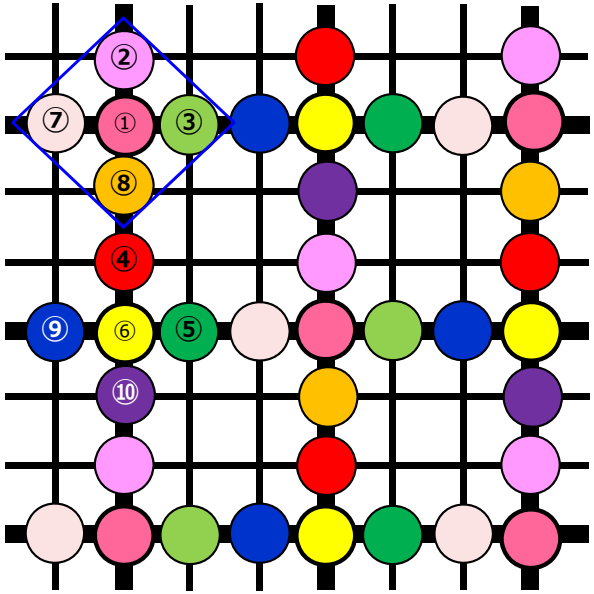
路車：6

路車：8

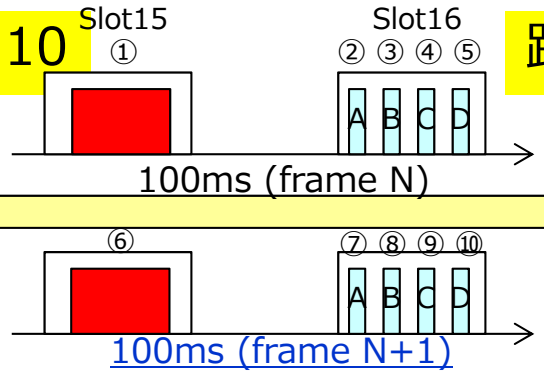


データ量から**必要な無線スロット数**を見積

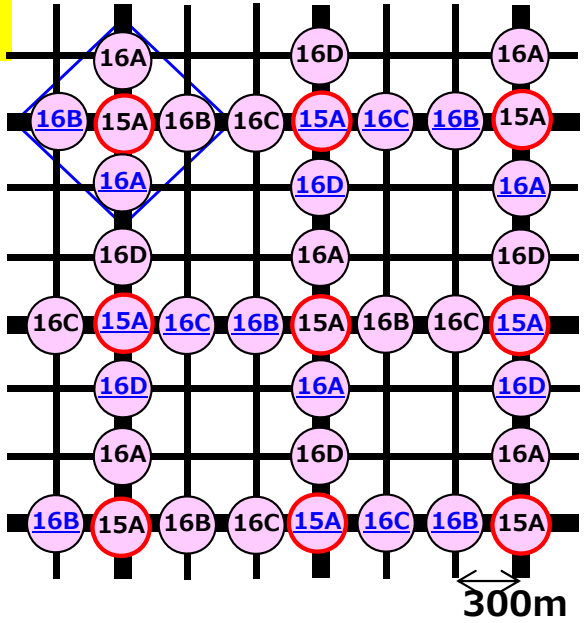
[重要(交):2,一般(交):1]



路路：10



路路：2



①～⑩の10種類(全10色)のリソースが必要

Slot16を4つに分割し、また200ms間隔で8台の一般交差点に送信期間を割当

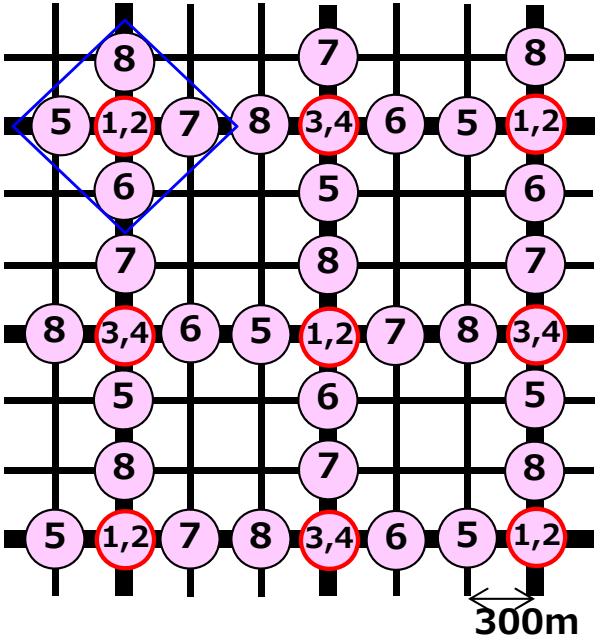
2台の重要交差点はSlot15を200ms間隔で使用

➲ 2つのSlotを10台が共用

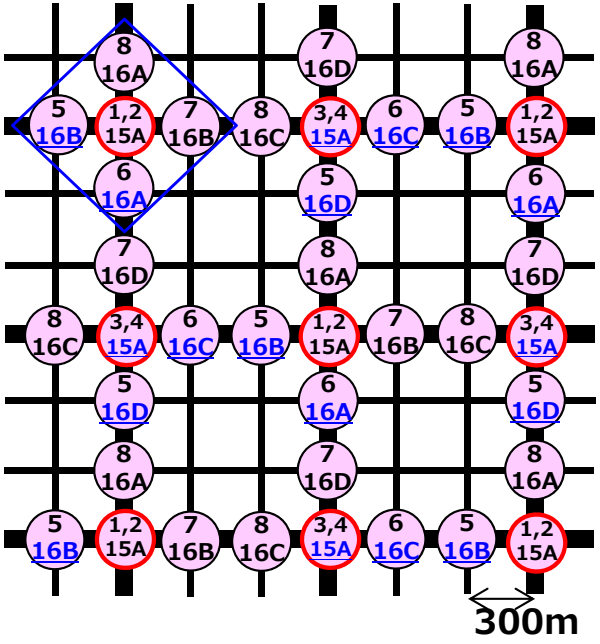
5.3 無線スロット割当例

300m十字（中継なし）：計10スロット

路車:8

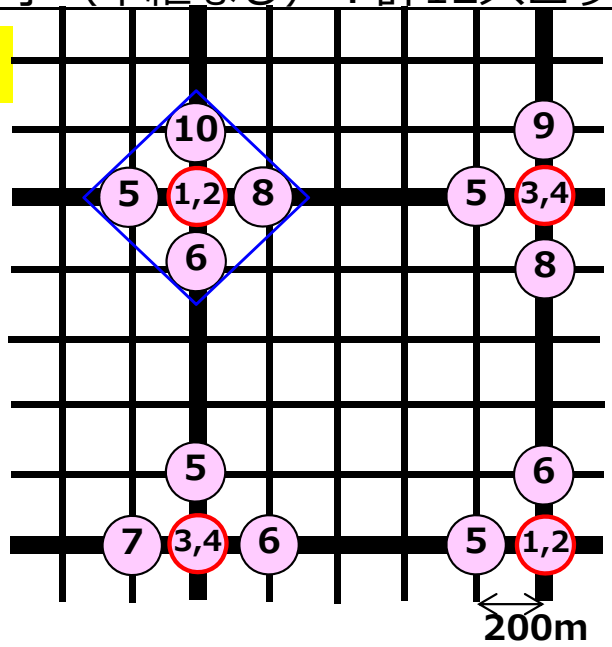


路車:8
路路:2

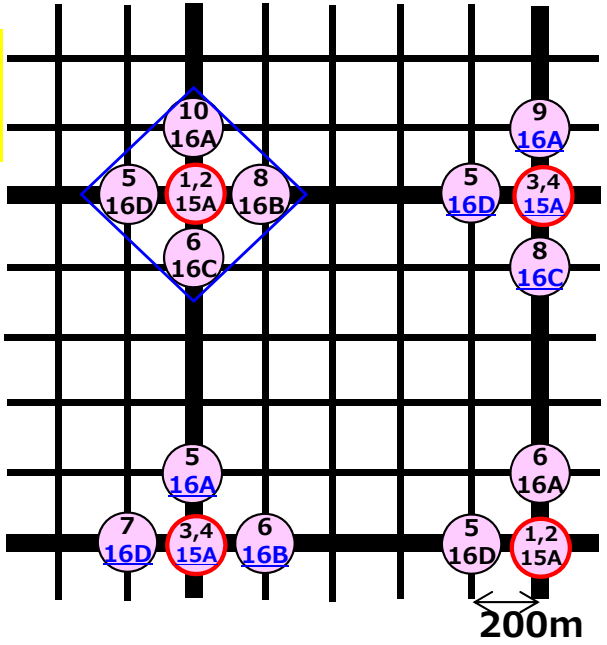


200m十字（中継なし）：計12スロット

路車:10



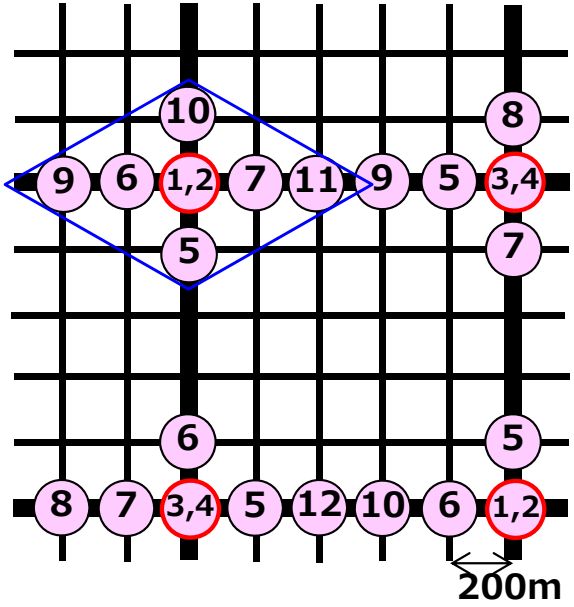
路車:10
路路:2



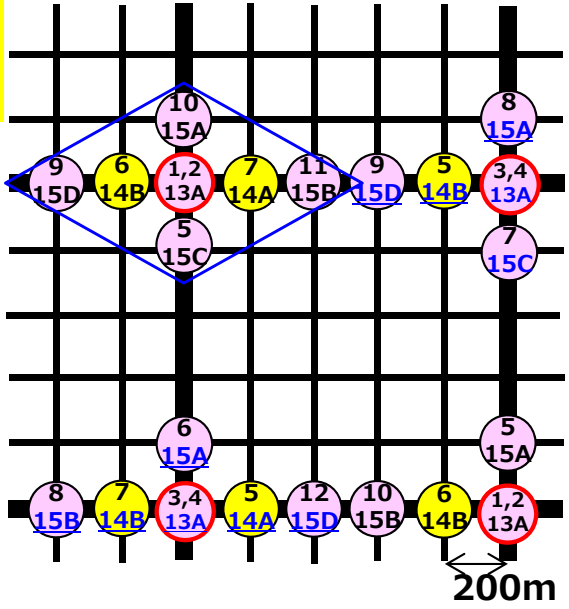
5.4 無線スロット割当例

200m十字（1回中継）【近接有／無】【一部路車なし含む】：計15スロット

路車:12

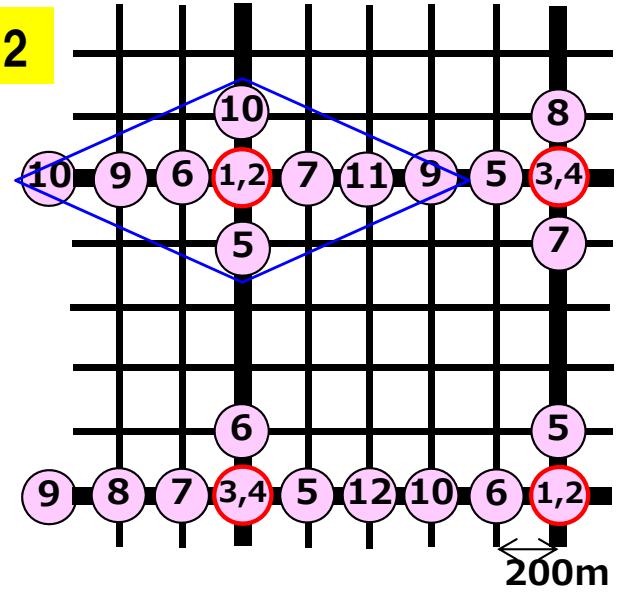


路車:12
路路:3

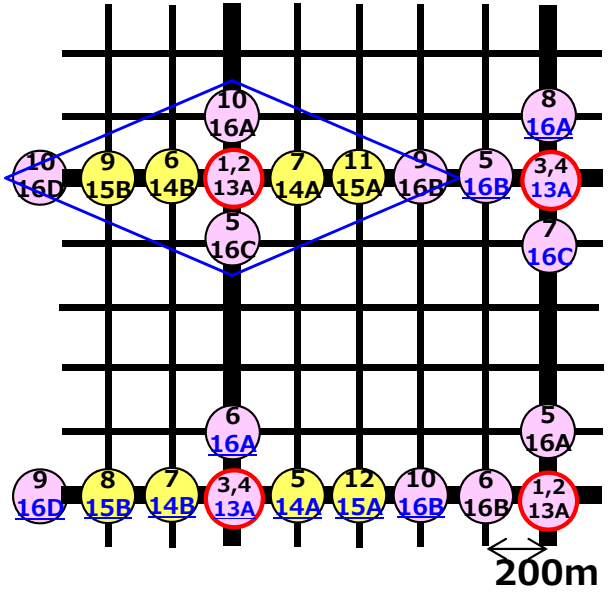


200m十字（2回中継）：計16スロット

路車:12



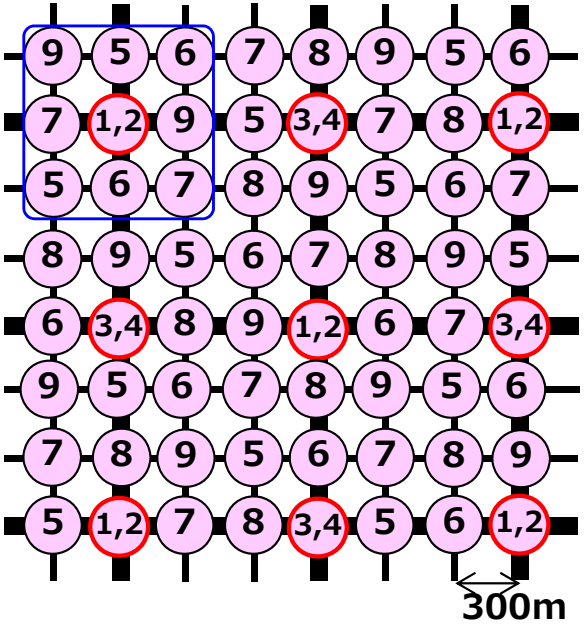
路車:12
路路:4



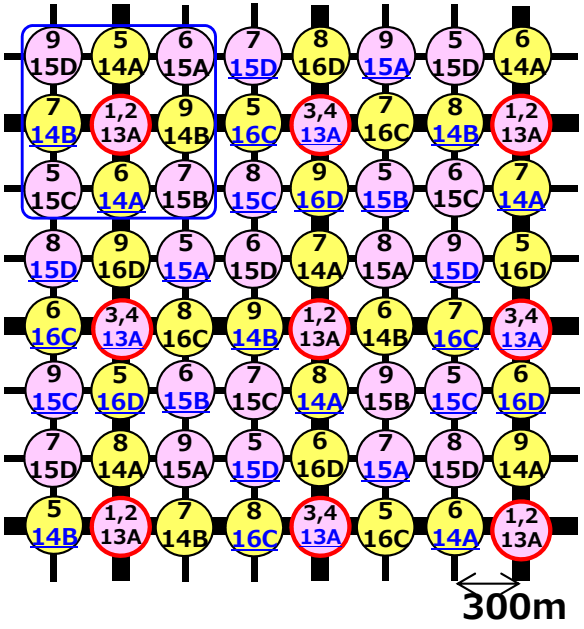
5.5 無線スロット割当例

300m 面的：計１３スロット

路車:9



路車:9
路路:4



6. 通信成立性シミュレーションによる評価

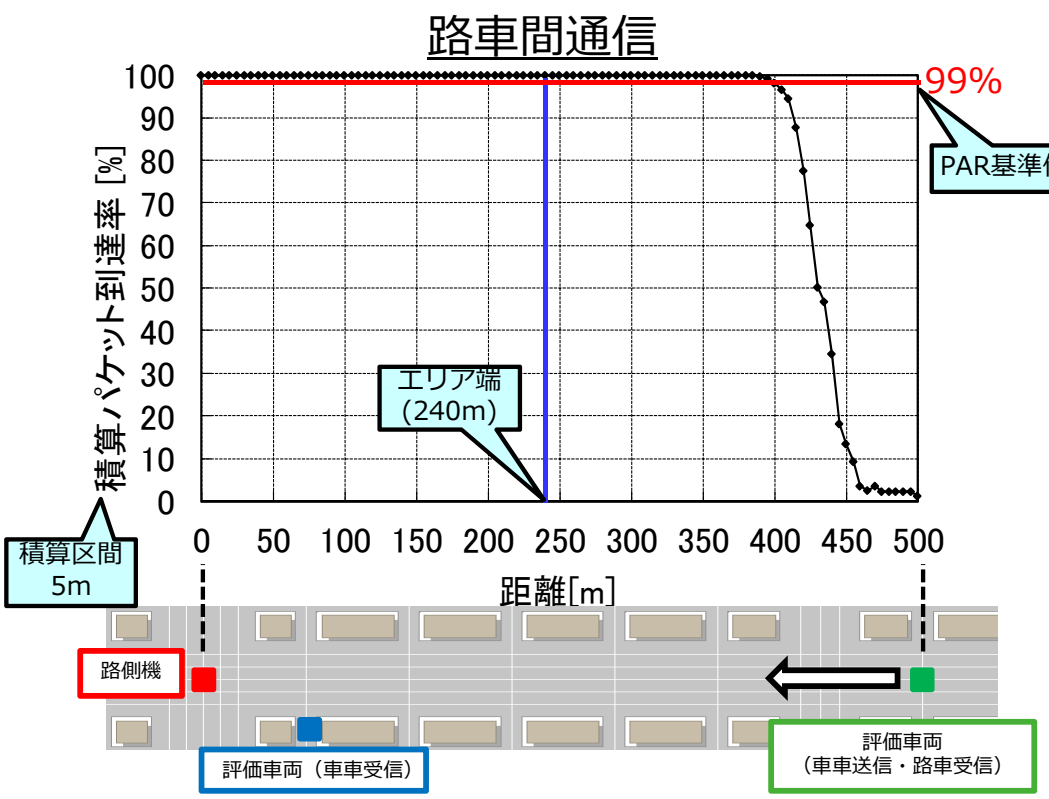
シミュレーション条件

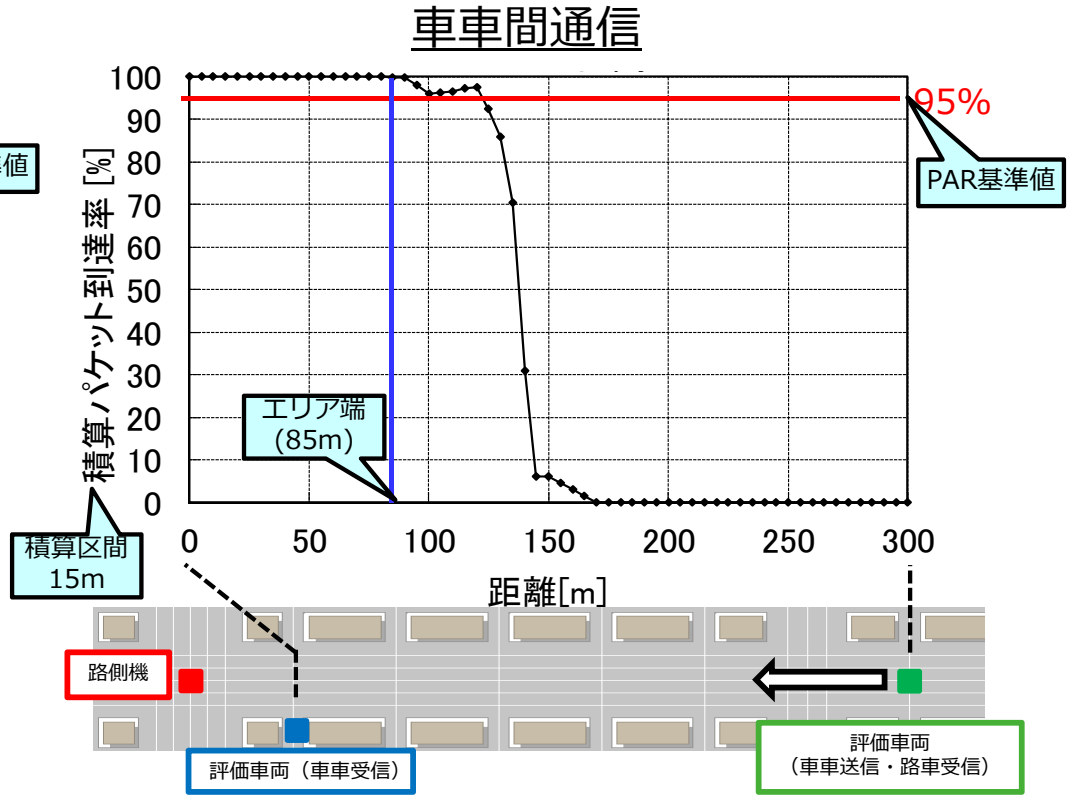
パターン番号	路側機配置	路車	路車／路路		路路	車両密度	評価内容	
			緊急車	近接信号			通信成功率*	遅延時間
1	**300m間隔十字**	○	○	**無**	○	**43台/km**	車車,路車,路路	路路
2	300m間隔十字 (車両密度違い)	○	○	無	○	23台/km	車車,路車,路路	路路
3	300m間隔十字 (路車のみ)	○	○	無	無	43台/km	車車,路車	
4	200m間隔十字	○	○	無	○	43台/km	車車,路車,路路	路路
5	200m間隔1回中継	○	○	無	○	43台/km	車車,路車,路路	路路
6	200m間隔1回中継 （近接信号情報あり）	○	○	○	○	43台/km	車車,路車,路路	路路
7	200m間隔1回中継 (一般交差点Rは路路のみ)	一部無	○	無	○	43台/km	車車,路車,路路	路路
8	200m間隔２回中継	○	○	無	○	43台/km	車車,路車,路路	路路
9	300m間隔面配置	○	○	無	○	43台/km	車車,路車,路路	路路

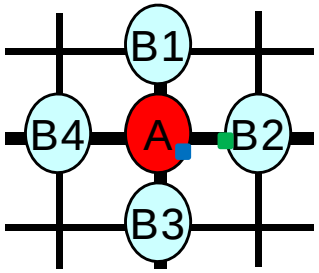
*通信成功率は、積算パケット到達率(車車、路車)、パケット到達率(路路)で評価

6.1 通信シミュレーションの結果例

No.1:300m 十字（中継なし） 周辺車両：43台/km



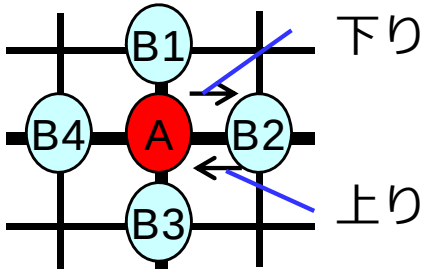




6.1 通信シミュレーションの結果例

No.1:300m 十字（中継なし） 周辺車両：43台/km

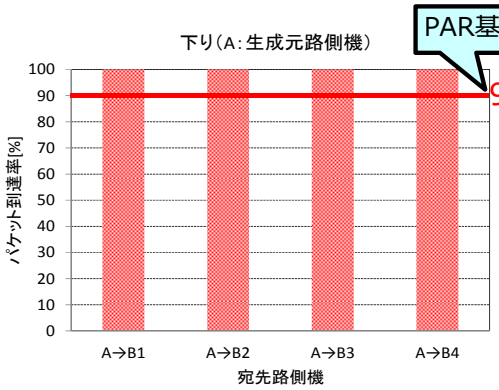
路路間通信

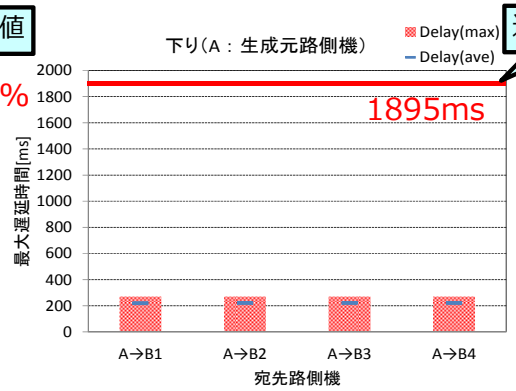


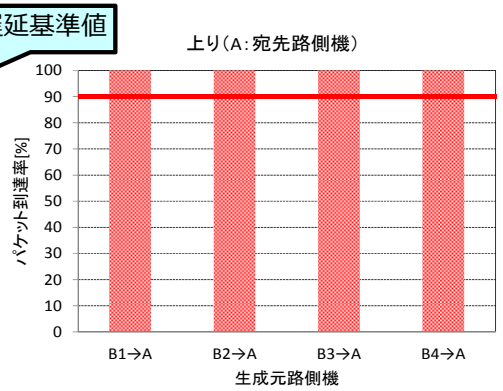
重要交差点⇒一般交差点

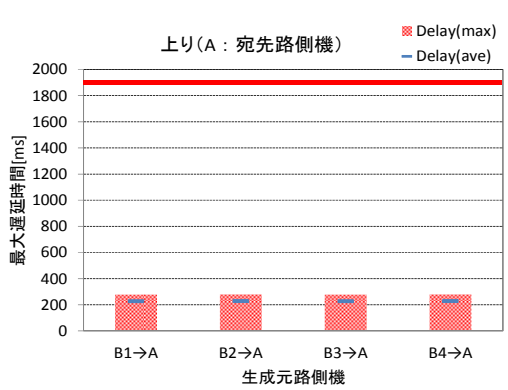
一般交差点⇒重要交差点

信号制御情報A

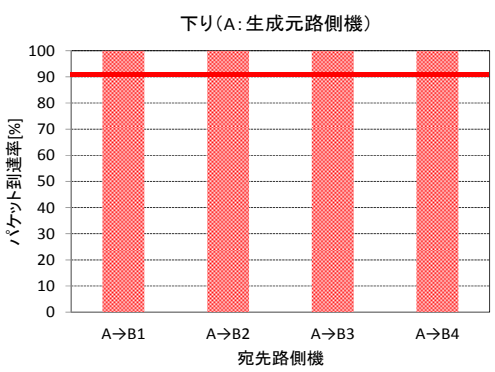


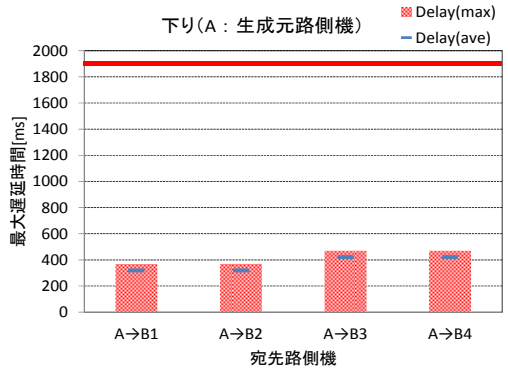


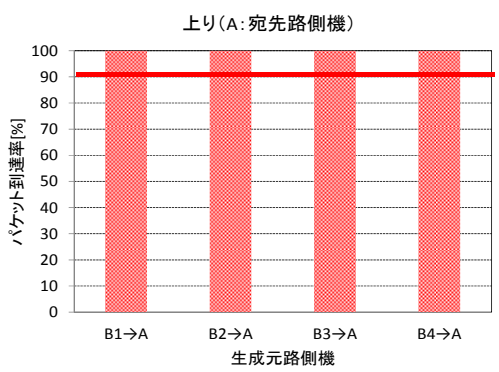


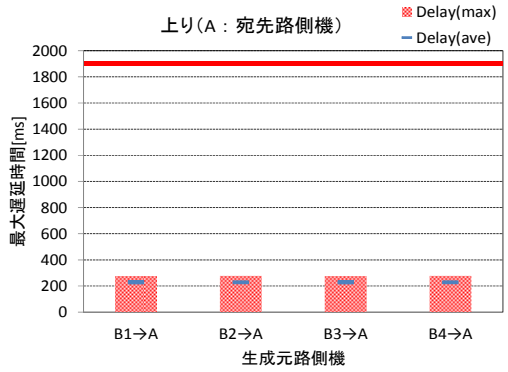


信号制御情報B



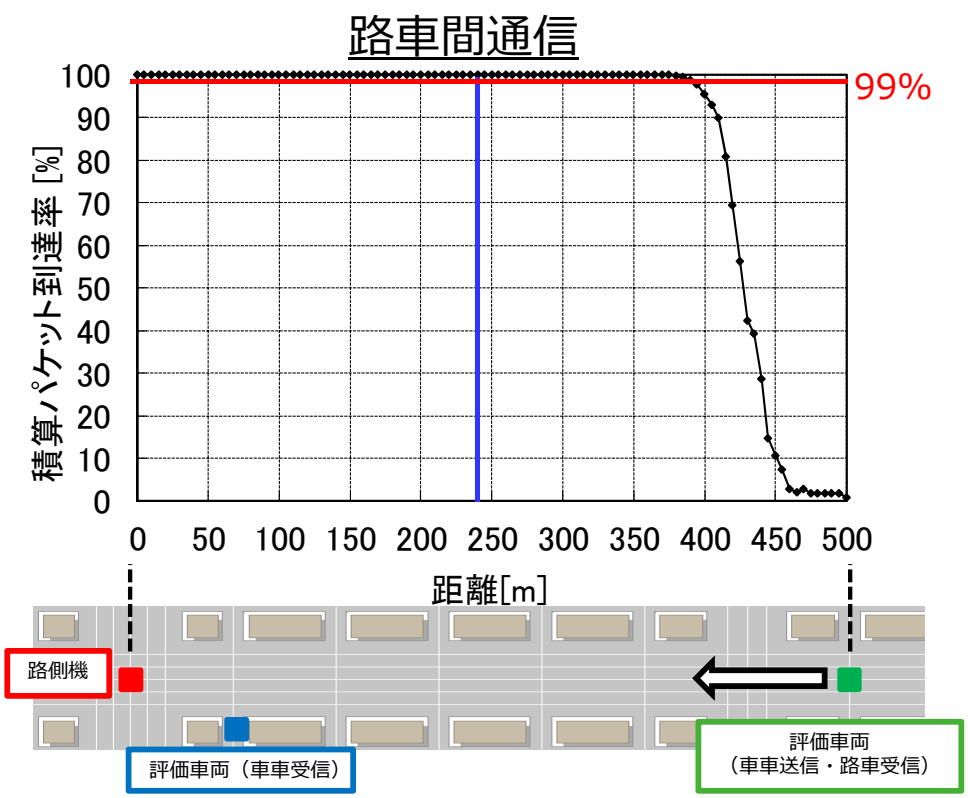


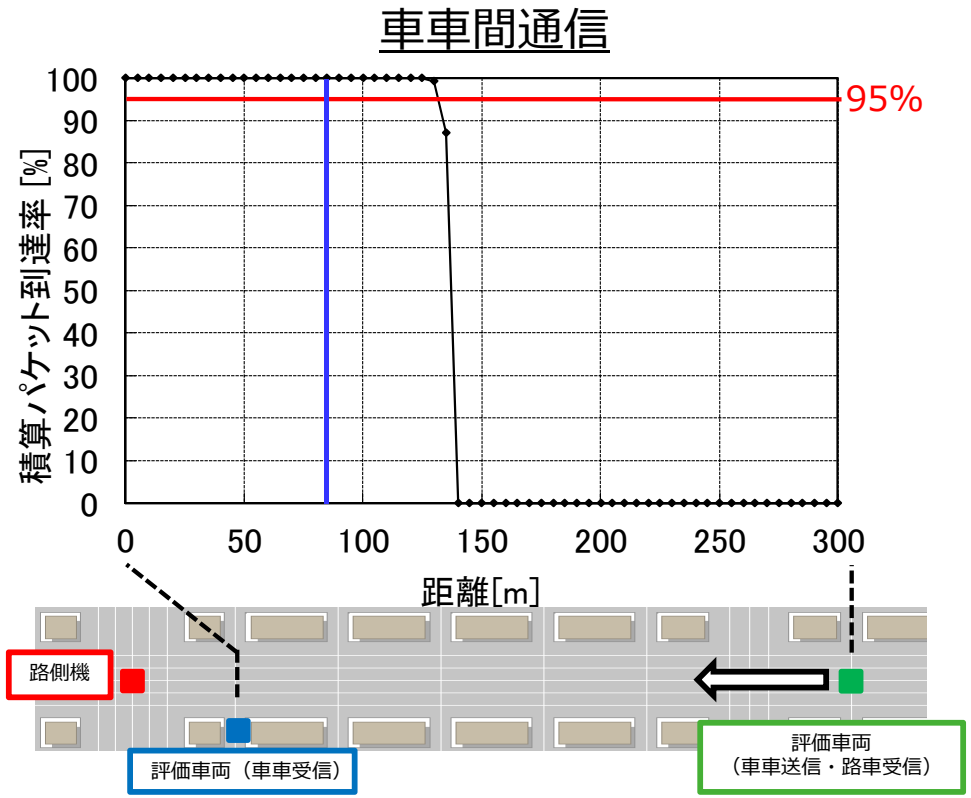


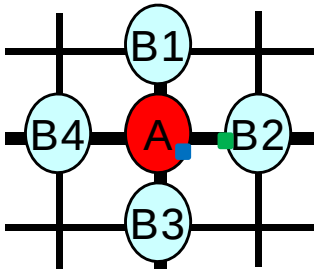


6.2 通信シミュレーションの結果例

No.2:300m 十字（中継なし） 周辺車両：23台/km



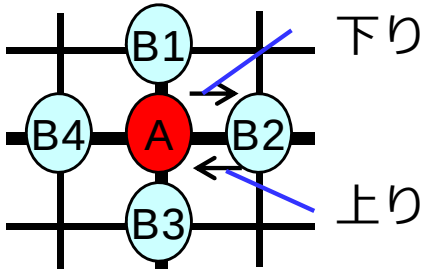




6.2 通信シミュレーションの結果例

No.2:300m 十字（中継なし） 周辺車両：23台/km

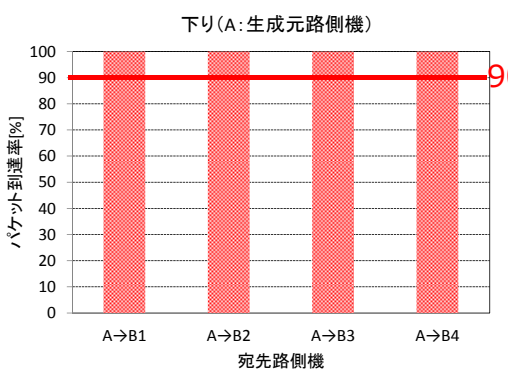
路路間通信

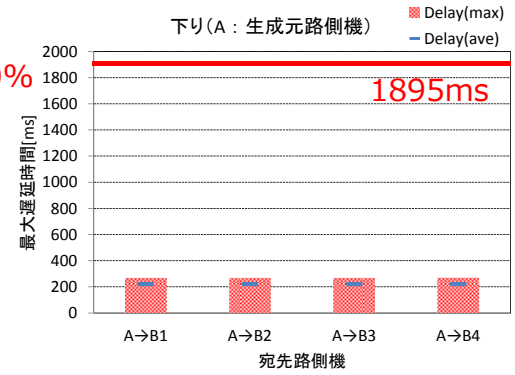


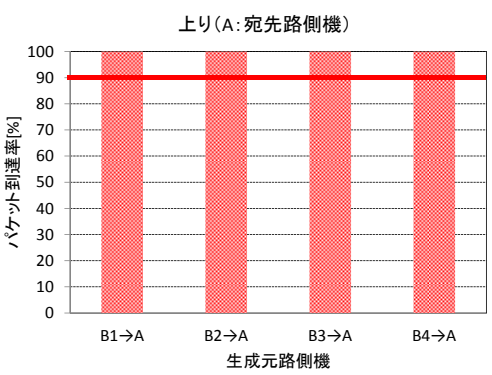
重要交差点⇒一般交差点

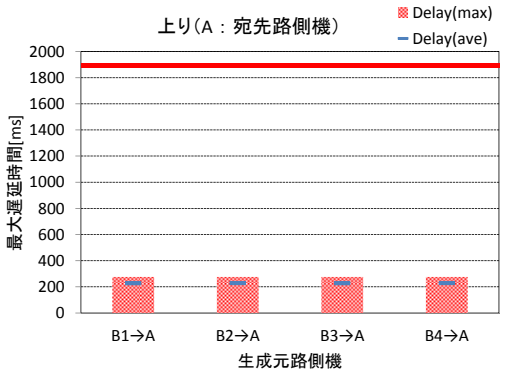
一般交差点⇒重要交差点

信号制御情報A

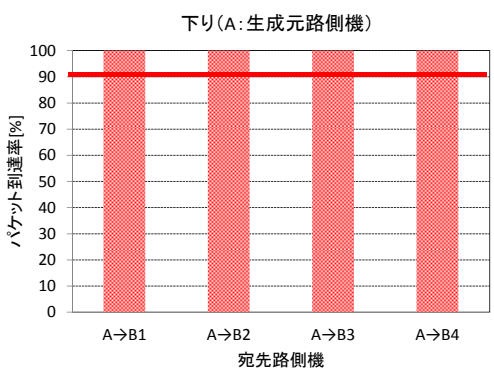


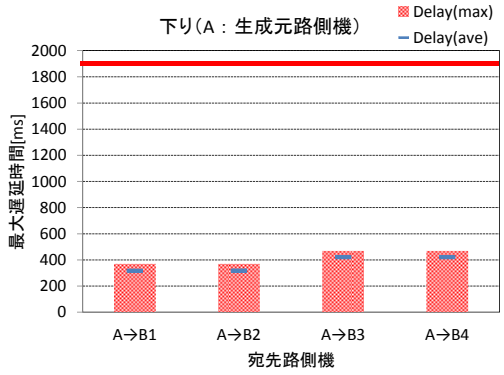


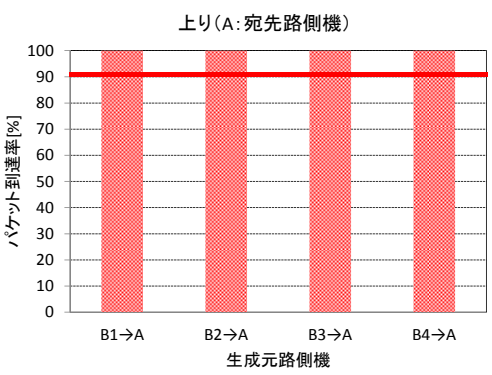


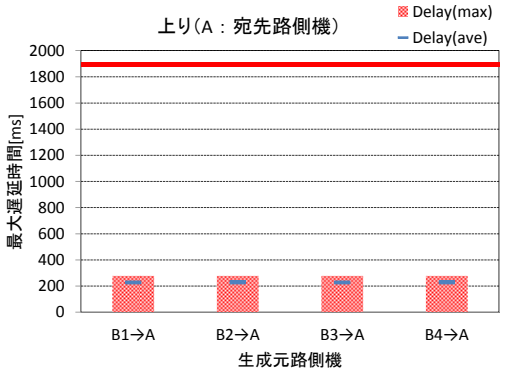


信号制御情報B



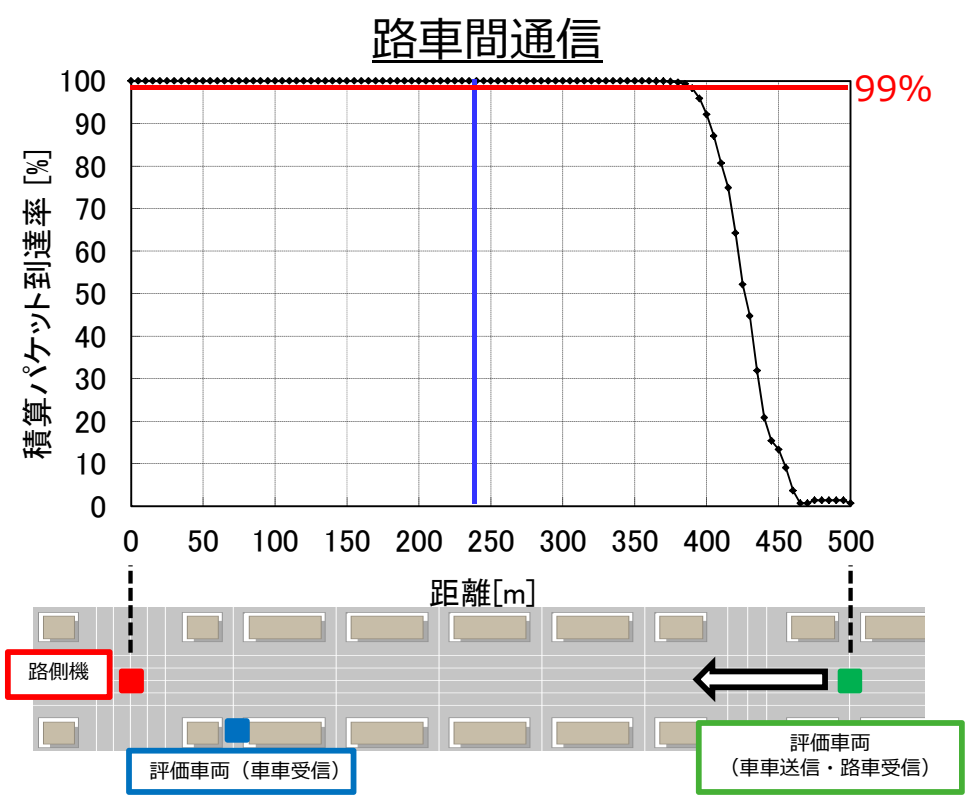


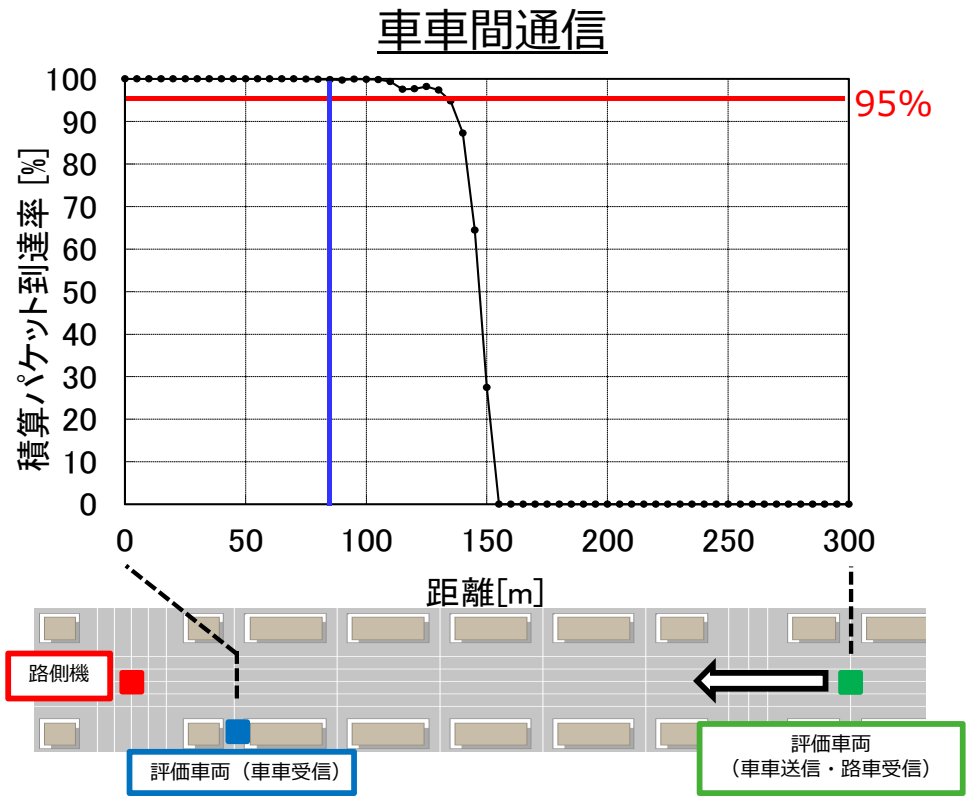


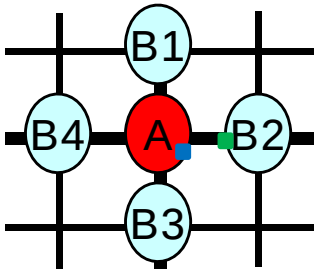


6.3 通信シミュレーションの結果例

No.3:300m 十字（路車のみ）

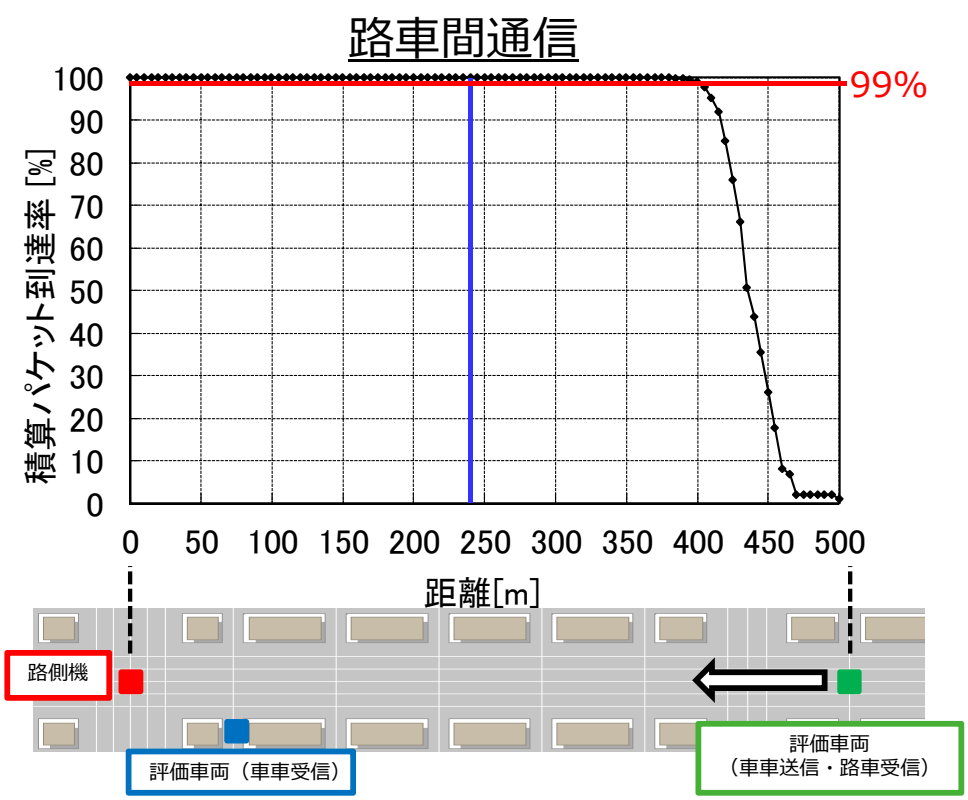


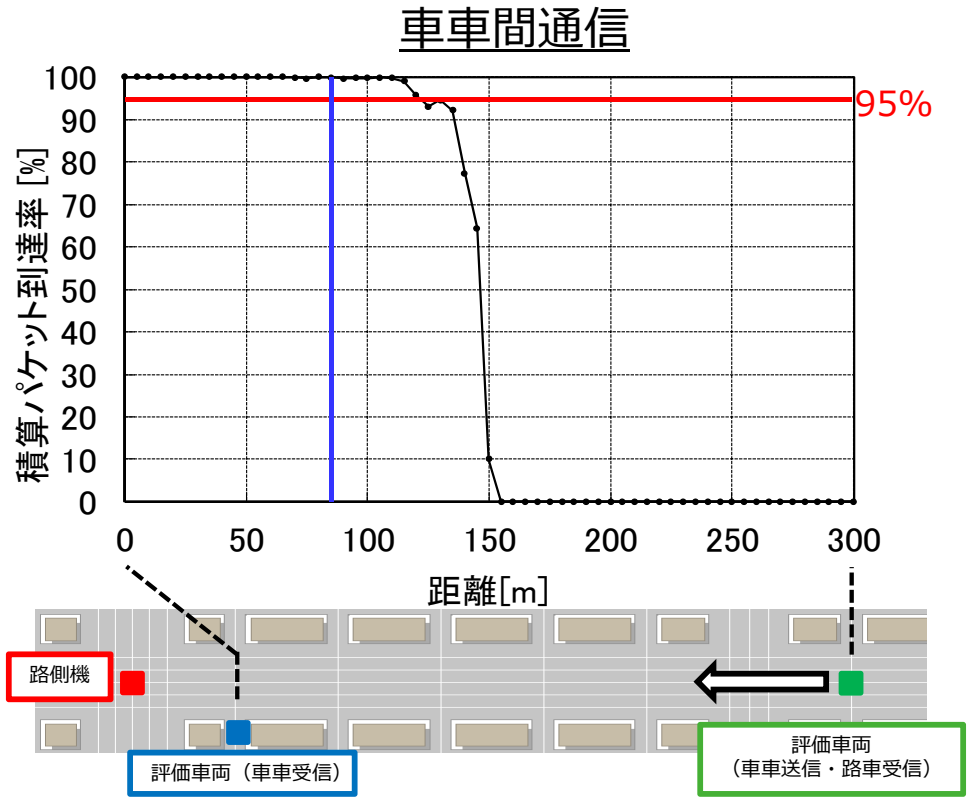


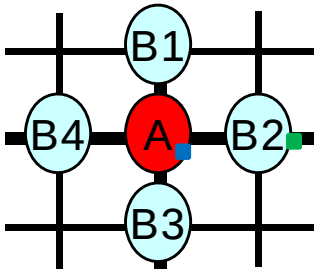


6.4 通信シミュレーションの結果例

No.4:200m 十字（中継なし） 周辺車両：43台/km



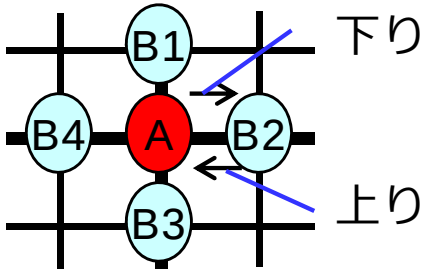




6.4 通信シミュレーションの結果例

No.4:200m 十字（中継なし） 周辺車両：43台/km

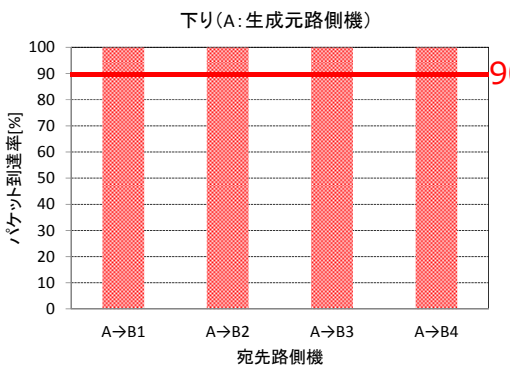
路路間通信

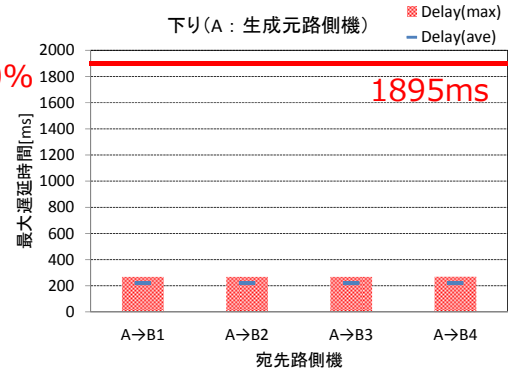


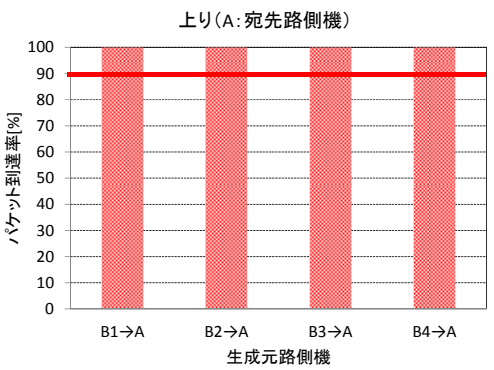
重要交差点⇒一般交差点

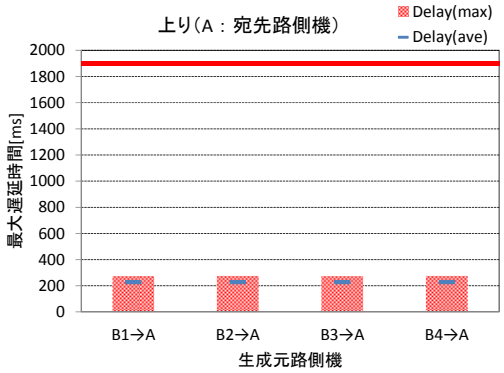
一般交差点⇒重要交差点

信号制御情報A

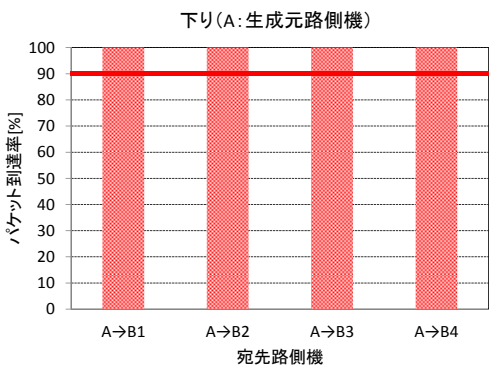


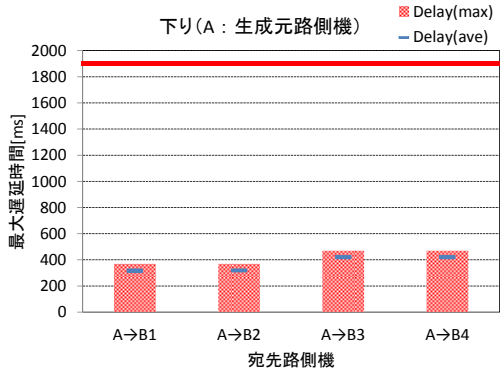


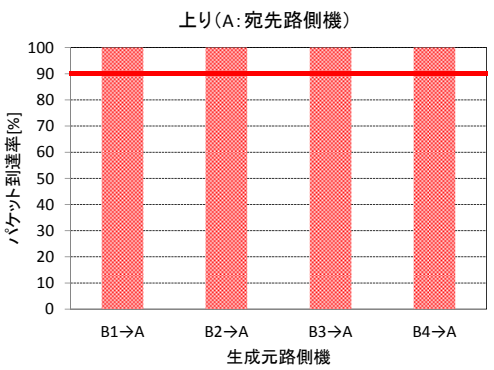


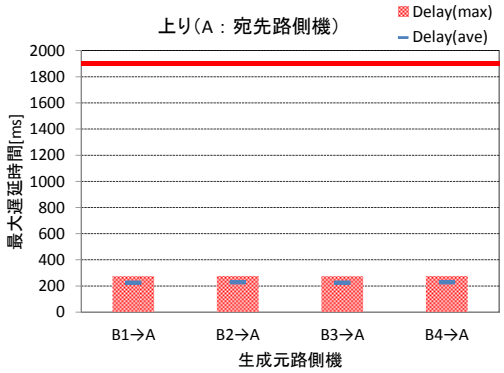


信号制御情報B



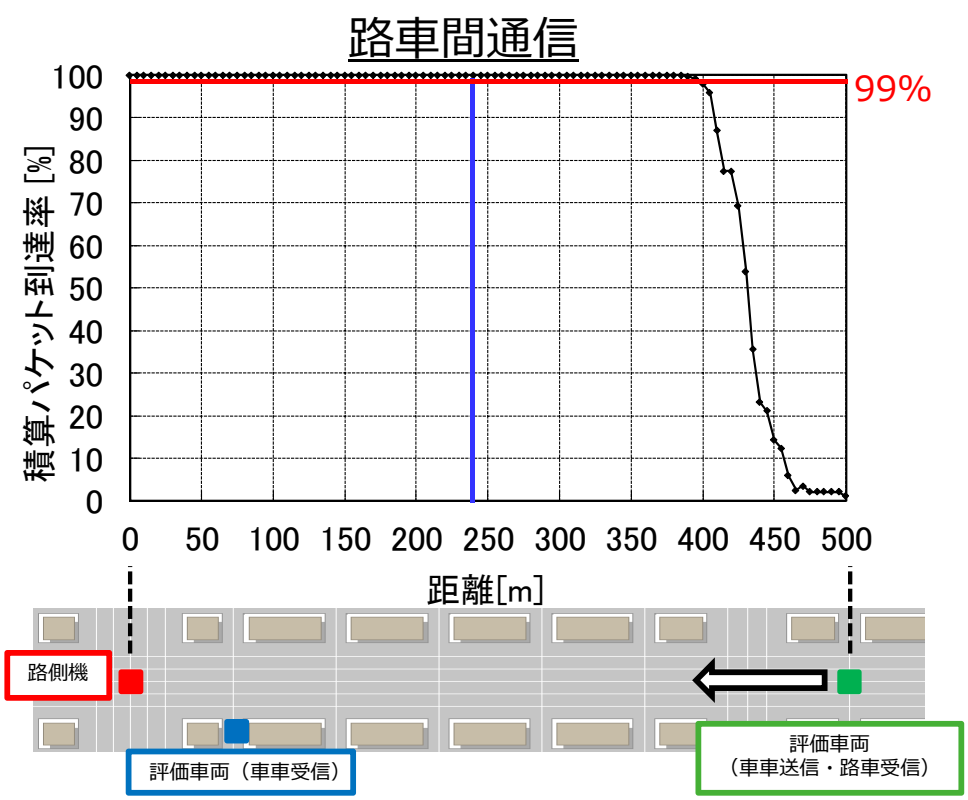


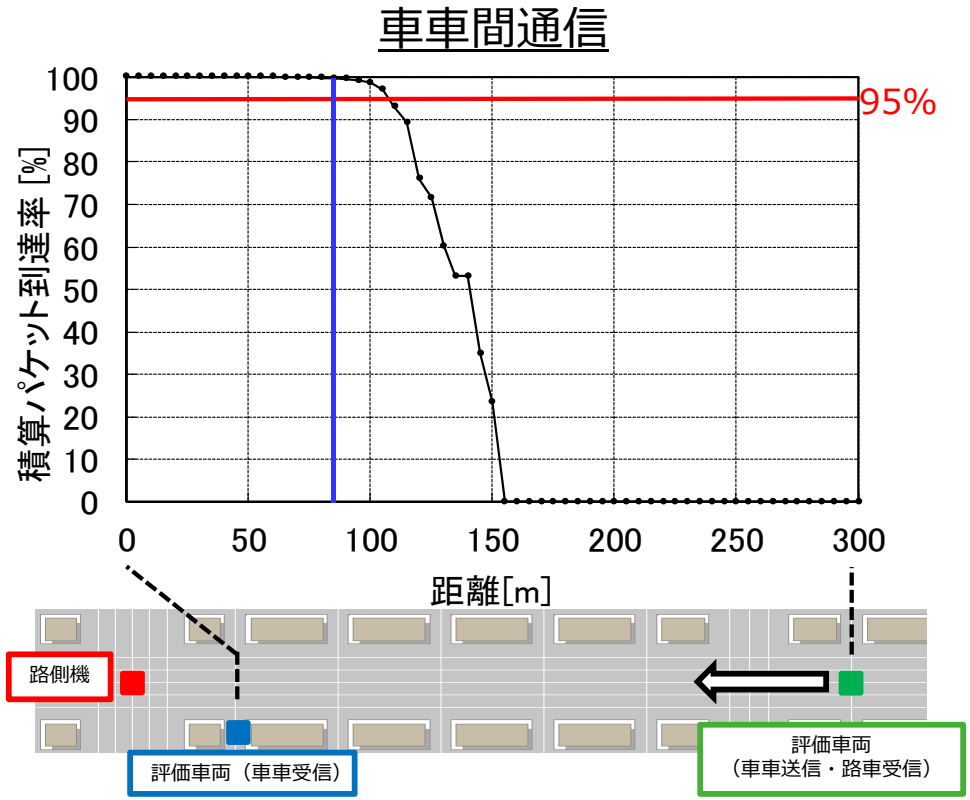


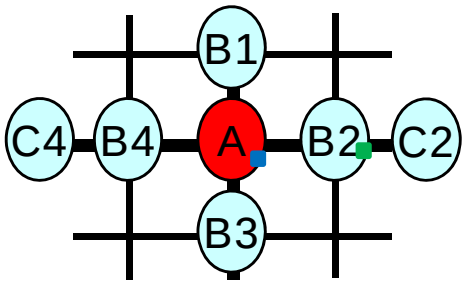


6.5 通信シミュレーションの結果例

No.5:200m 十字（1回中継） 周辺車両：43台/km



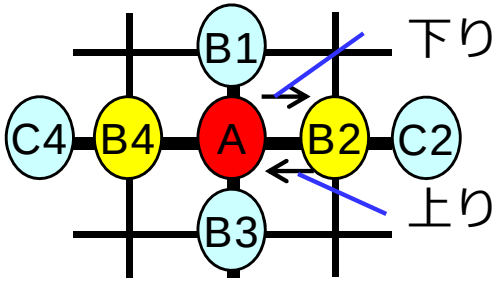




6.5 通信シミュレーションの結果例

No.5:200m 十字（1回中継） 周辺車両：43台/km

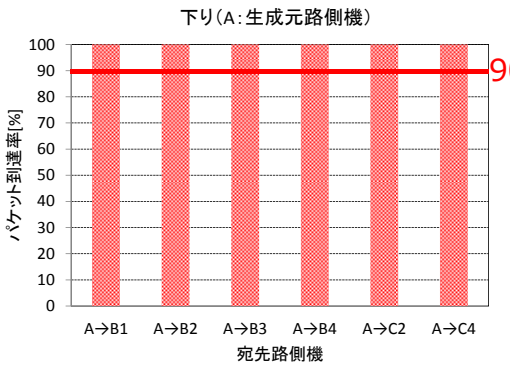
路路間通信

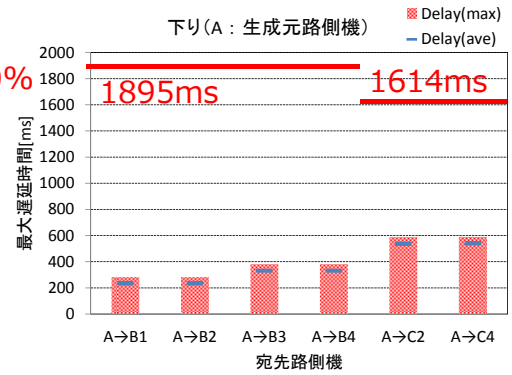


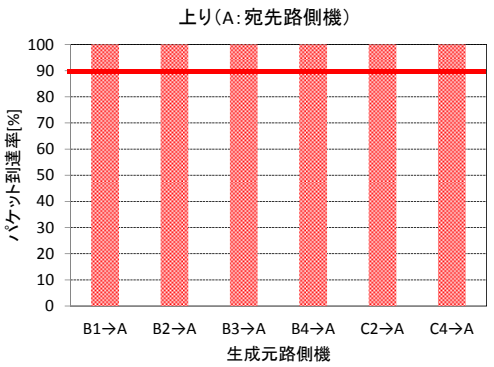
重要交差点⇒一般交差点

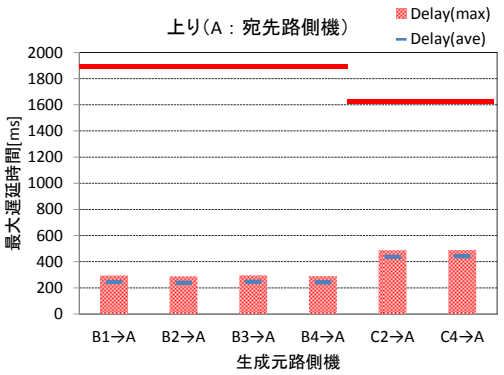
一般交差点⇒重要交差点

信号制御情報A

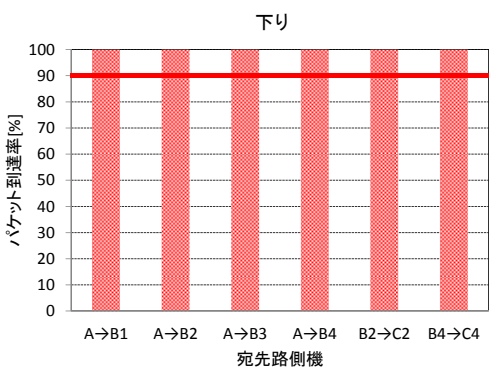


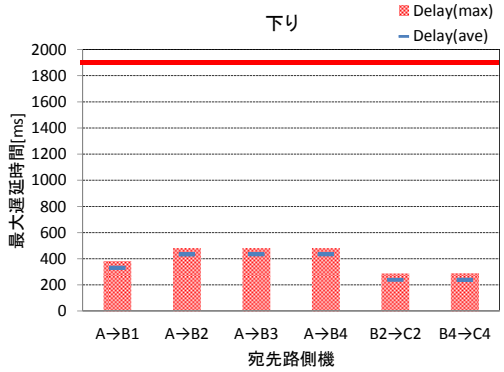


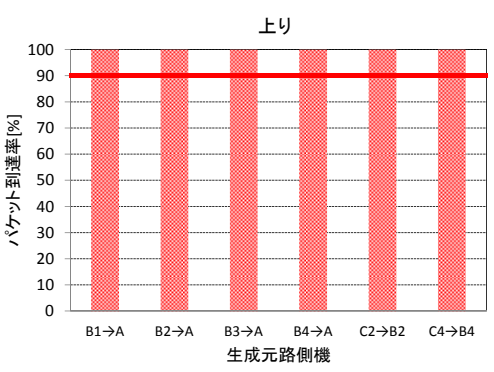


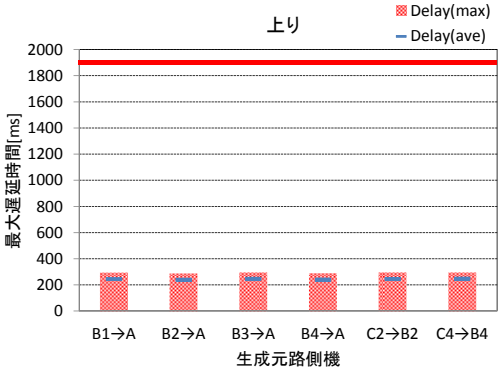


信号制御情報B



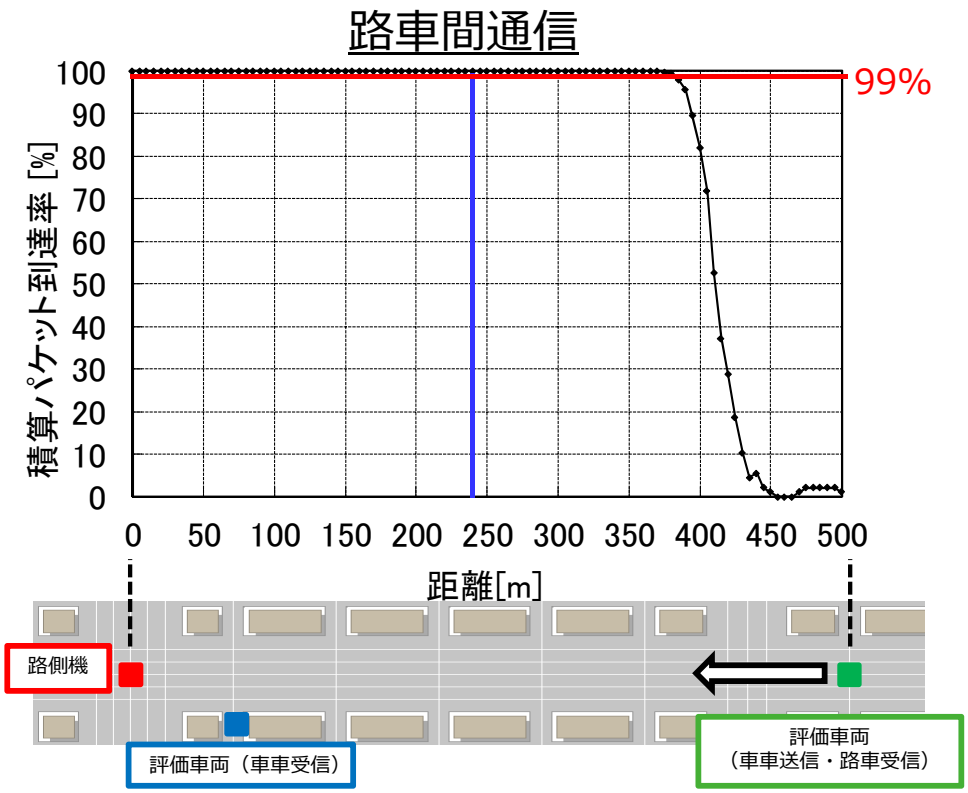


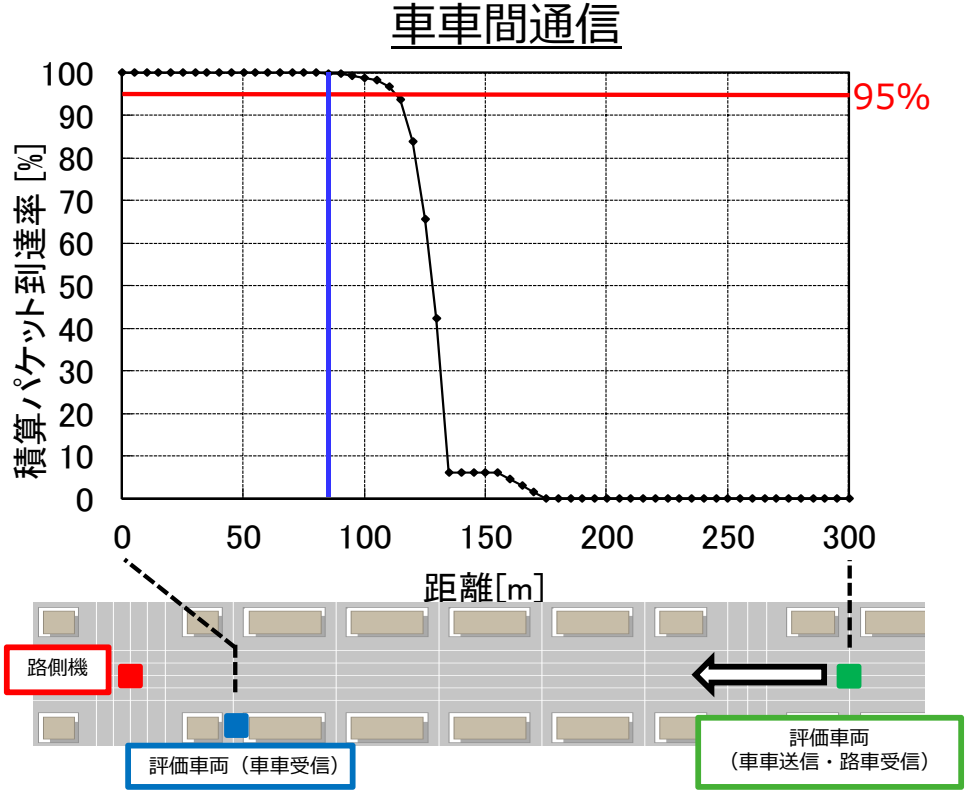


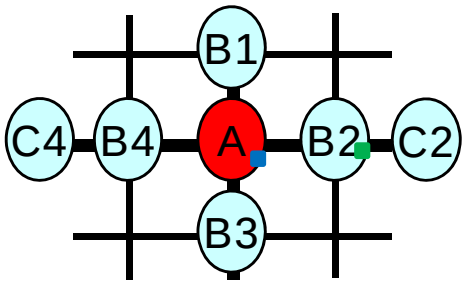


6.6 通信シミュレーションの結果例

No.6:200m 十字（1回中継、近接あり） 周辺車両：43台/km



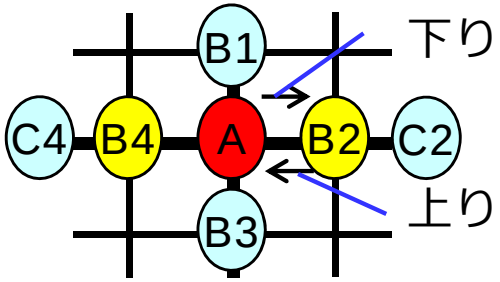




6.6 通信シミュレーションの結果例

No.6:200m 十字（1回中継、近接あり） 周辺車両：43台/km

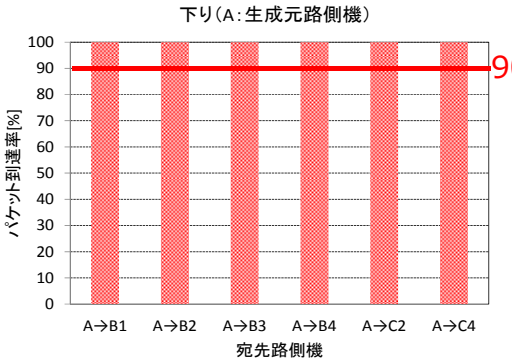
路路間通信

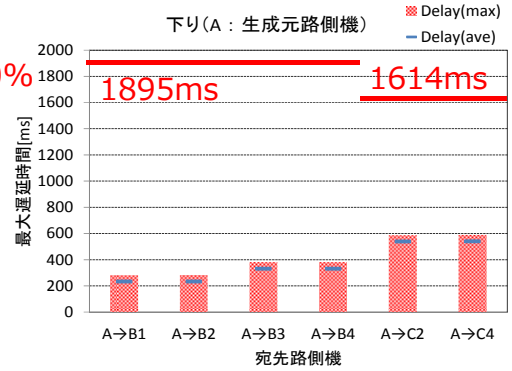


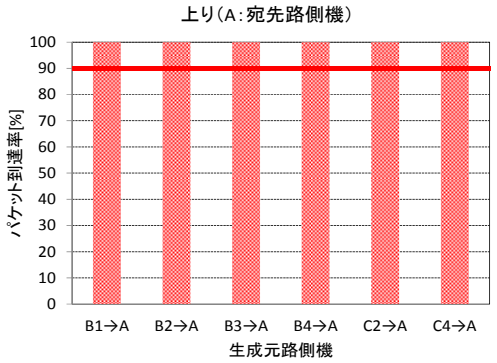
重要交差点⇒一般交差点

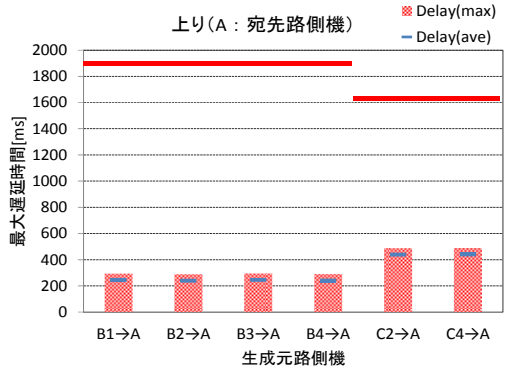
一般交差点⇒重要交差点

信号制御情報A

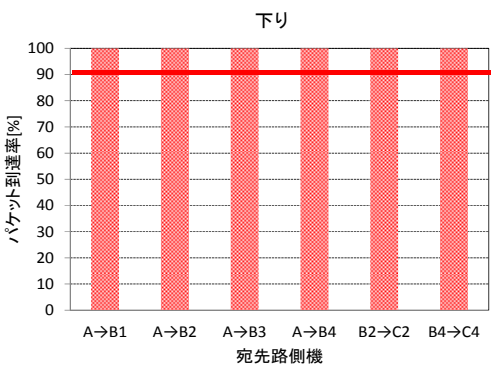


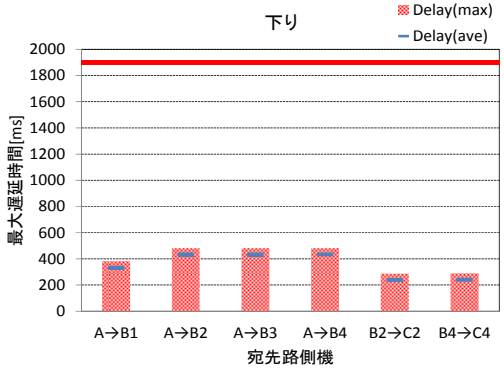


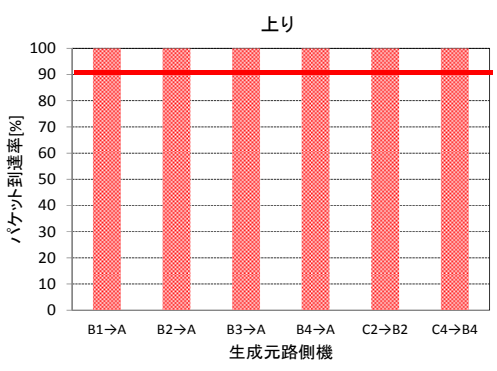


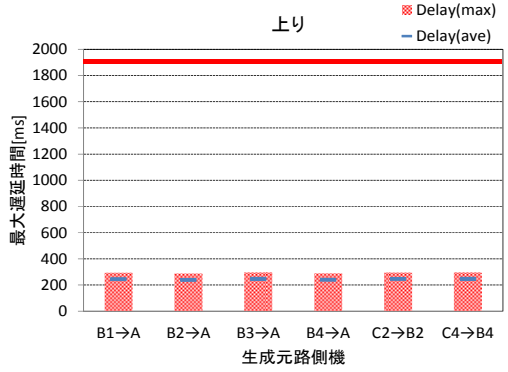


信号制御情報B





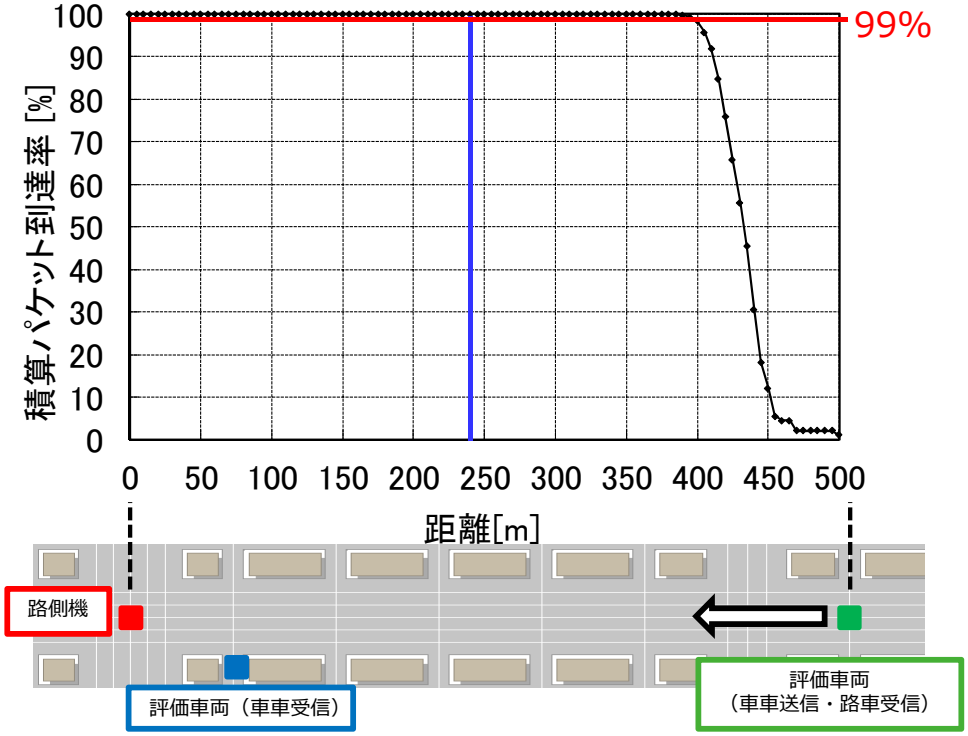




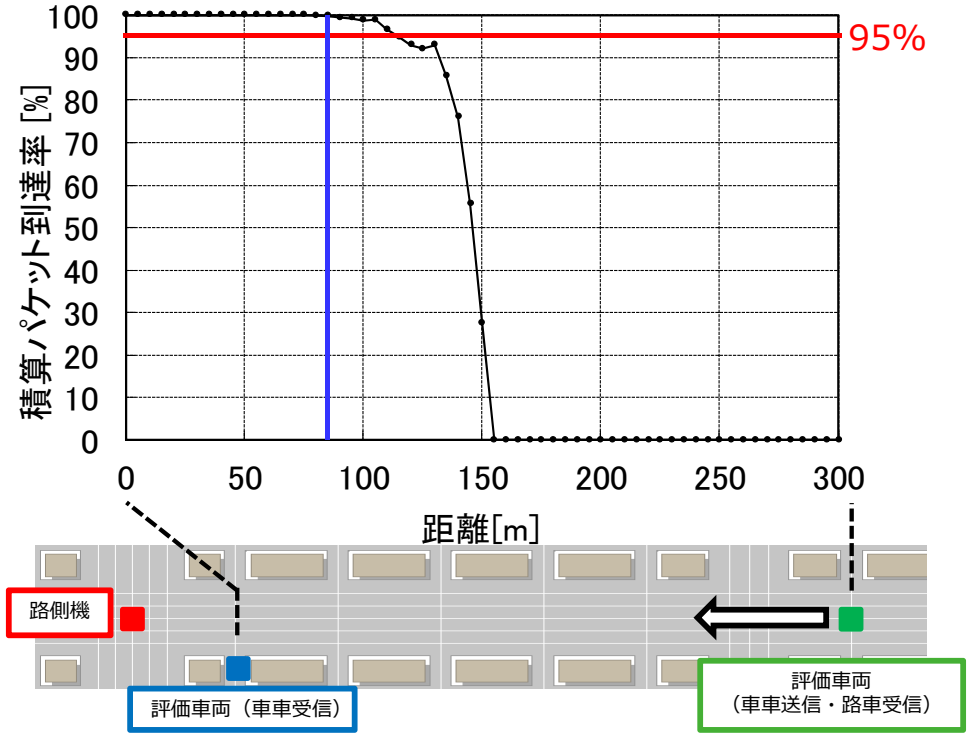
6.7 通信シミュレーションの結果例

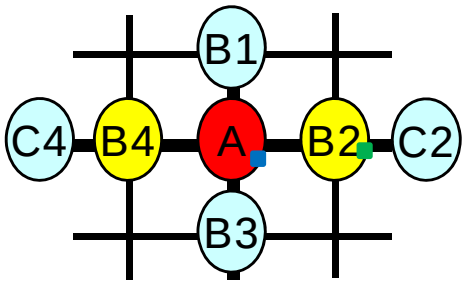
No.7:200m 十字（1回中継、一部路車なし） 周辺車両：43台/km

路車間通信



車車間通信

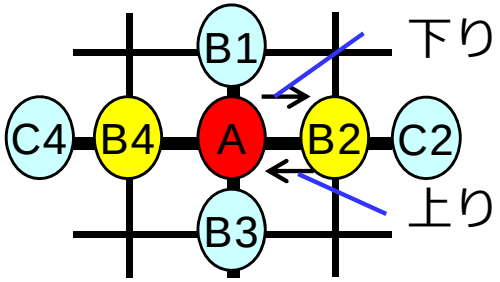




6.7 通信シミュレーションの結果例

No.7:200m 十字（1回中継、一部路車なし） 周辺車両：43台/km

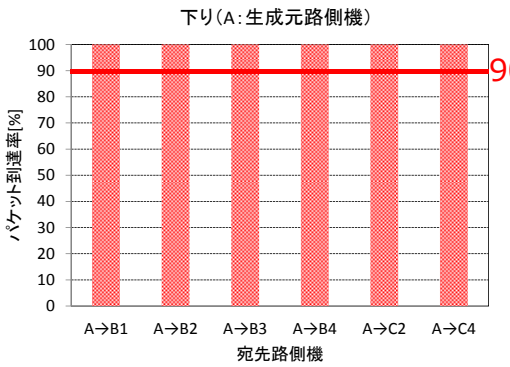
路路間通信

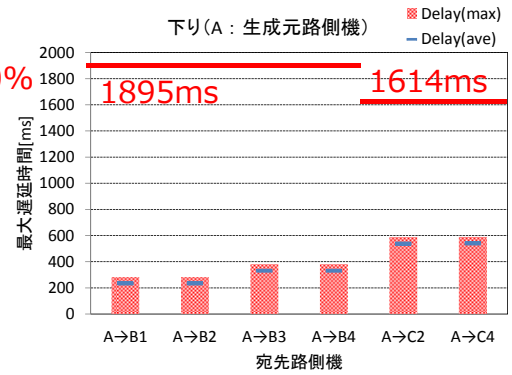


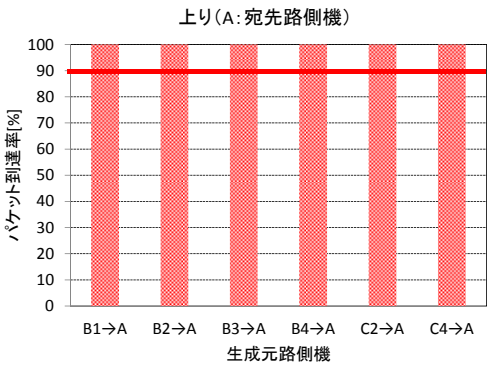
重要交差点⇒一般交差点

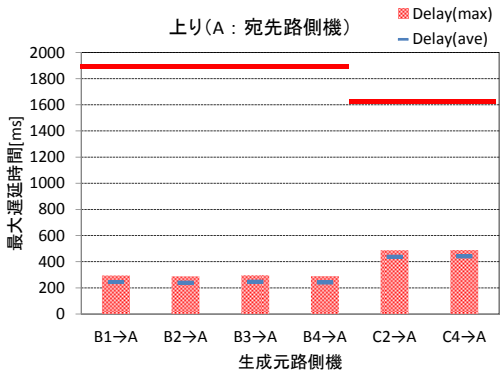
一般交差点⇒重要交差点

信号制御情報A

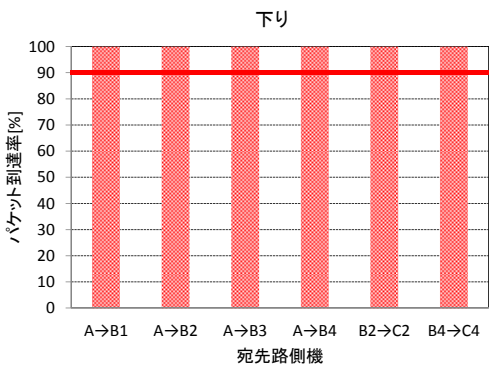


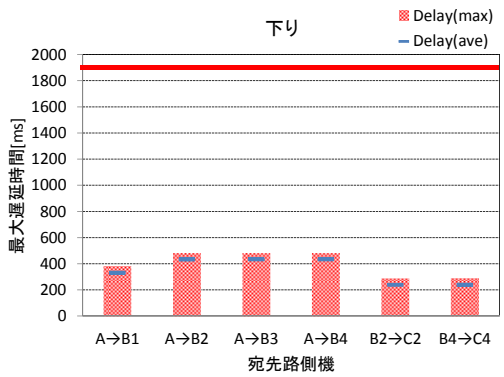


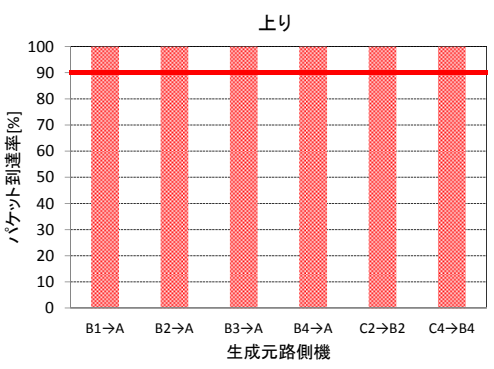


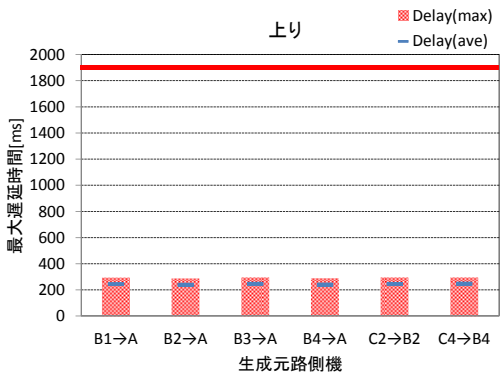


信号制御情報B



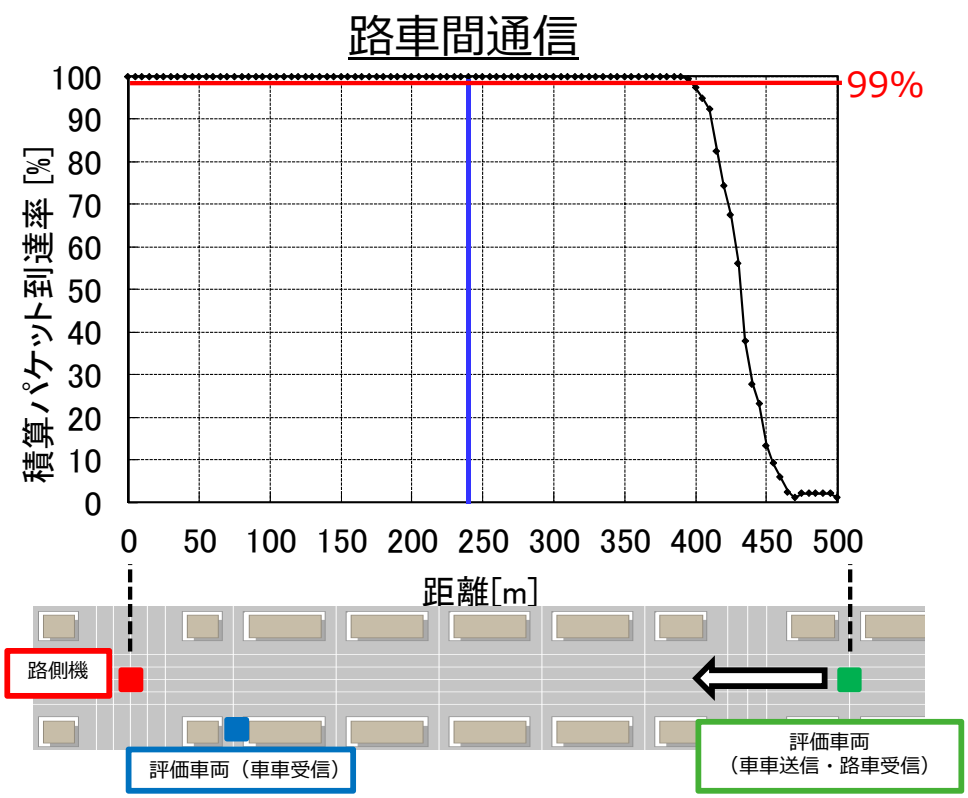


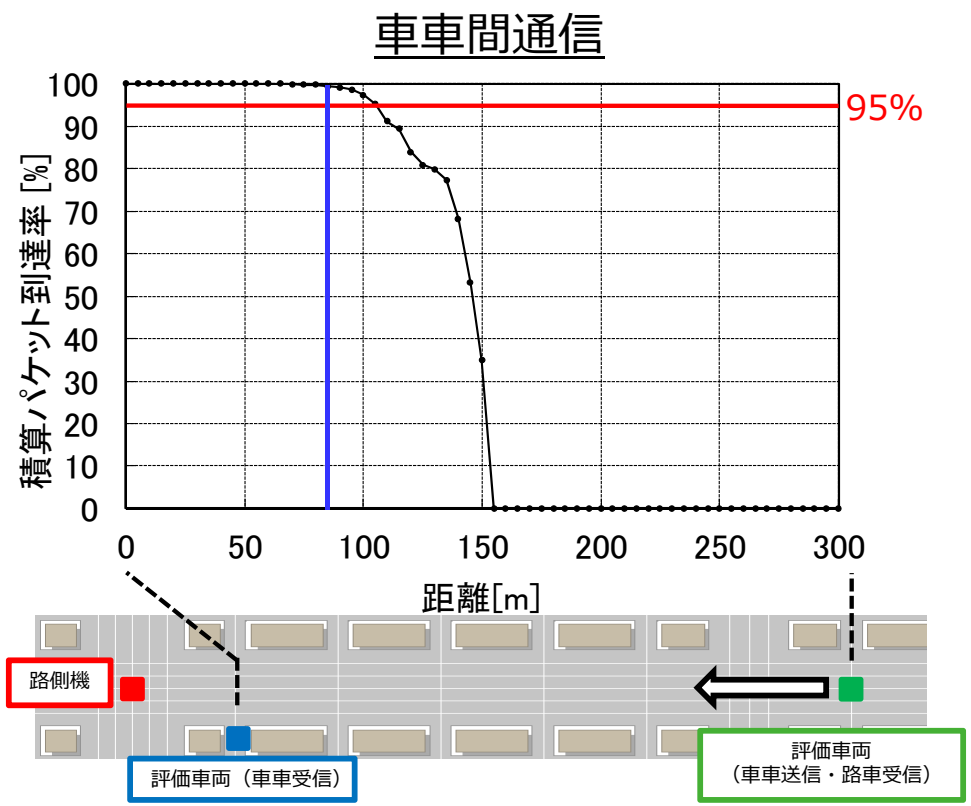


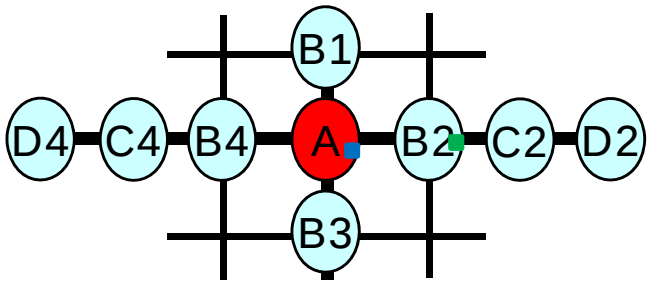


6.8 通信シミュレーションの結果例

No.8:200m 十字（2回中継） 周辺車両：43台/km



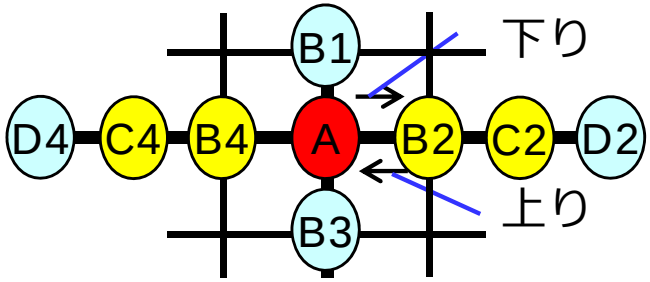




6.8 通信シミュレーションの結果例

No.8:200m 十字（2回中継） 周辺車両：43台/km

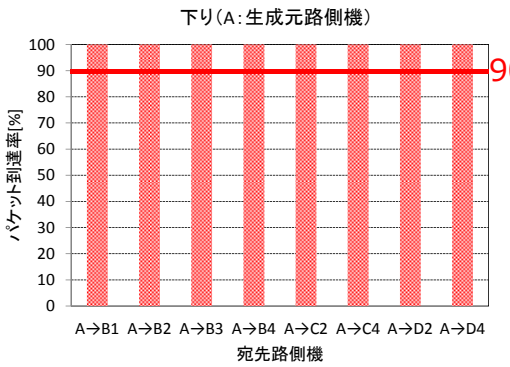
路路間通信

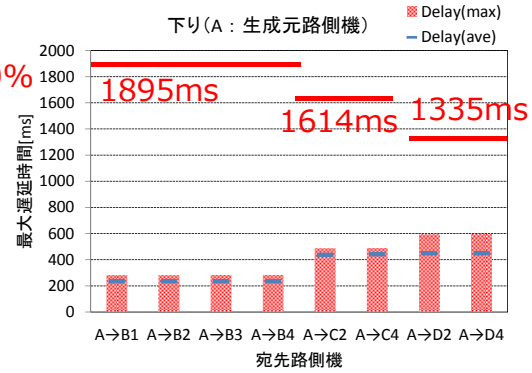


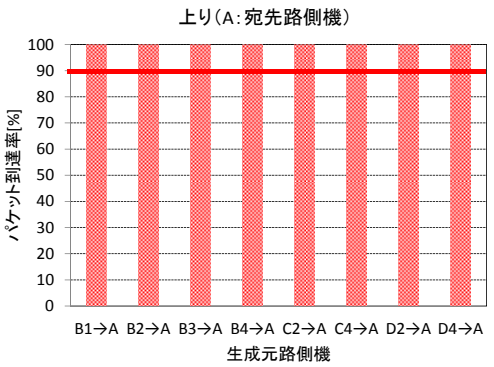
重要交差点⇒一般交差点

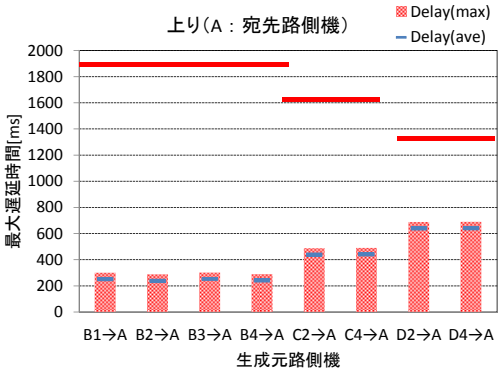
一般交差点⇒重要交差点

信号制御情報A

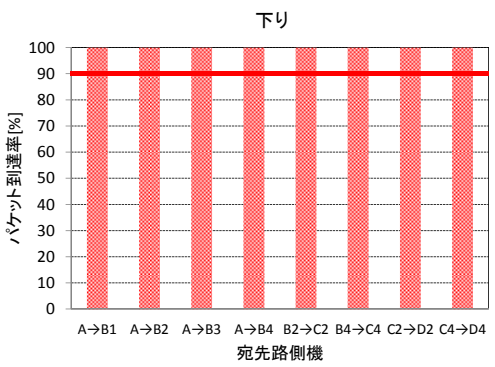


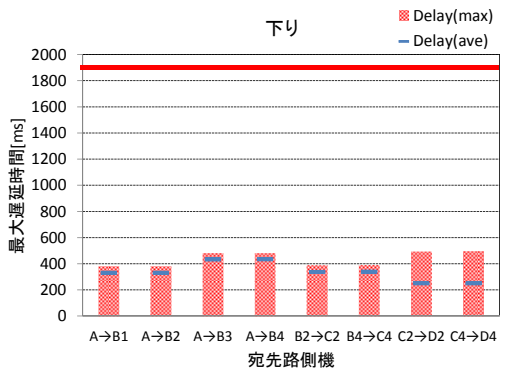


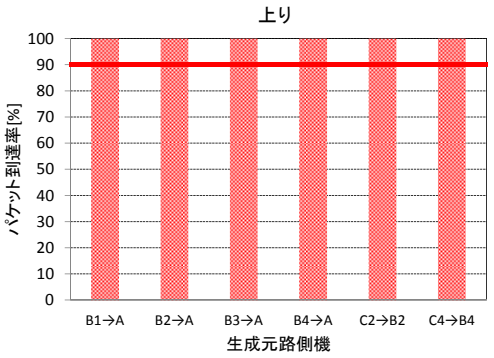


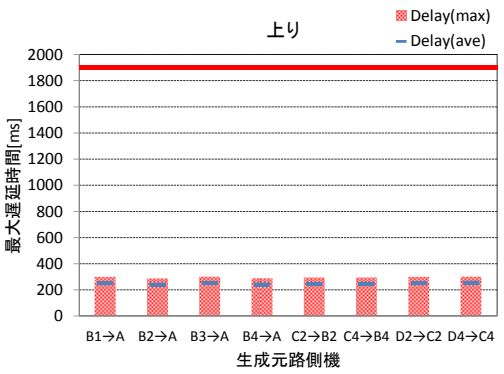


信号制御情報B



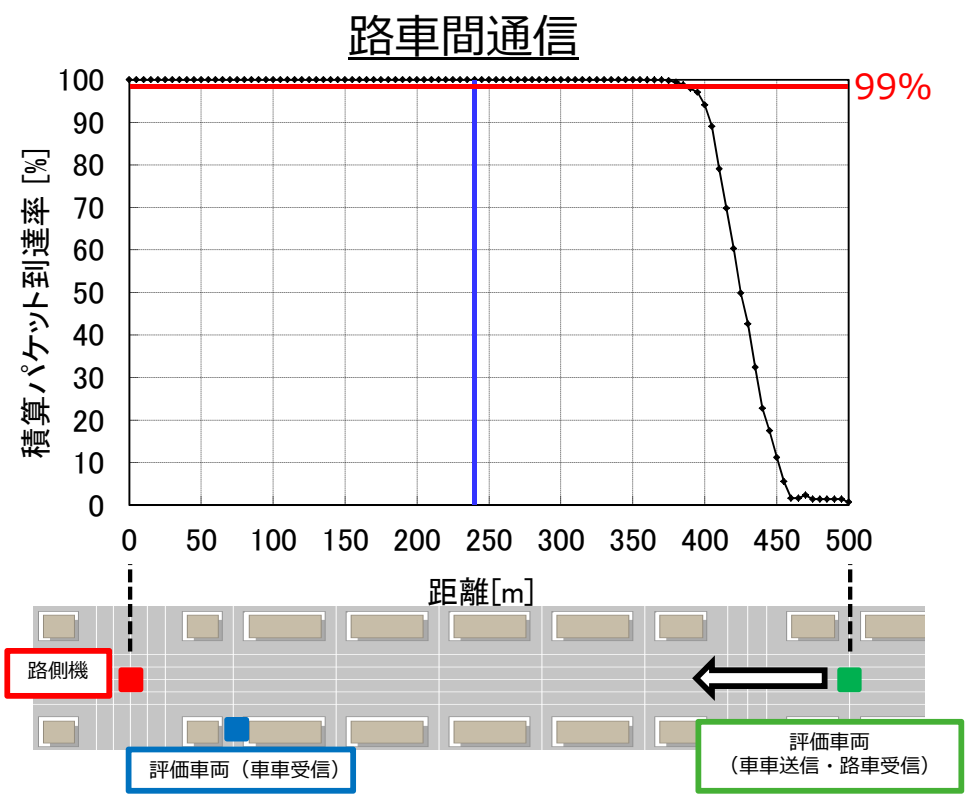


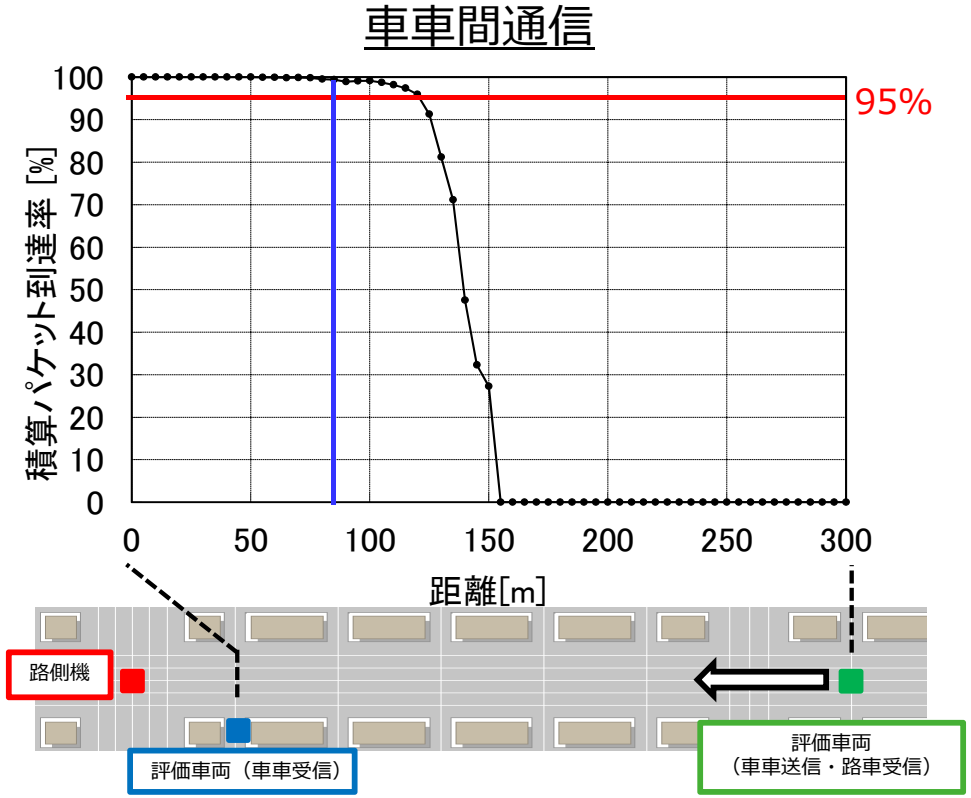


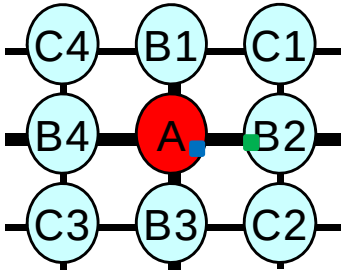


6.9 通信シミュレーションの結果例

No.9:300m 面（1回中継） 周辺車両：43台/km



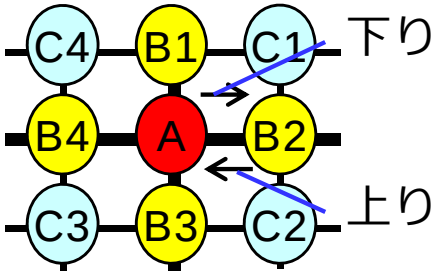




6.9 通信シミュレーションの結果例

No.9:300m 面（1回中継） 周辺車両：43台/km

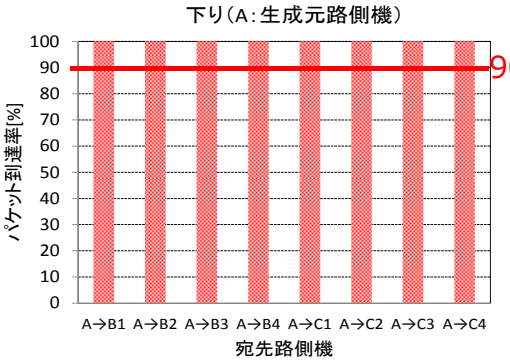
路路間通信

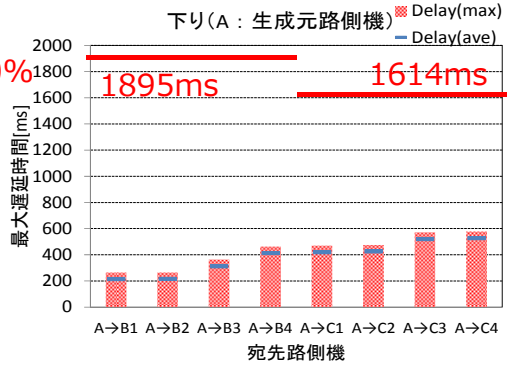


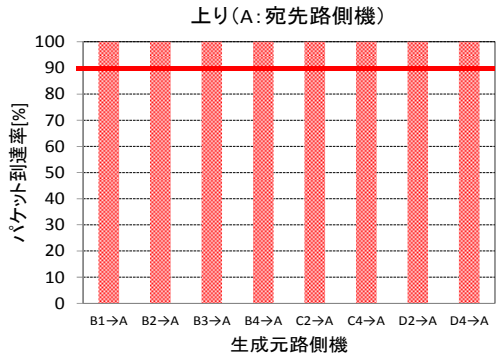
重要交差点⇒一般交差点

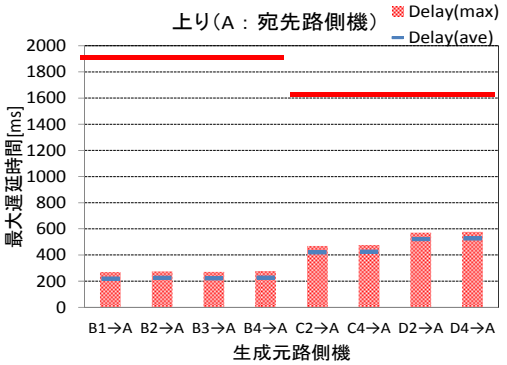
一般交差点⇒重要交差点

信号制御情報A

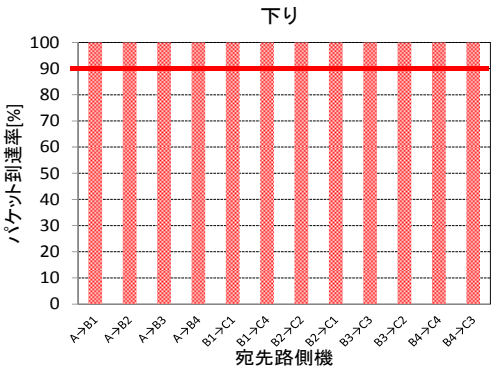


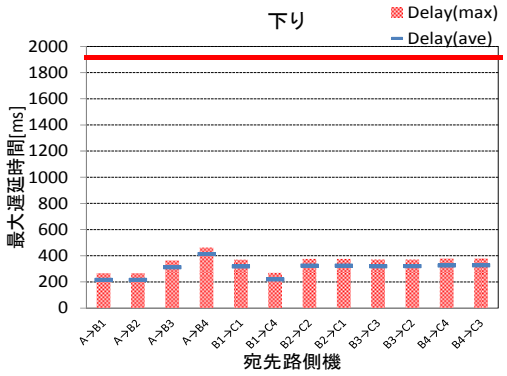


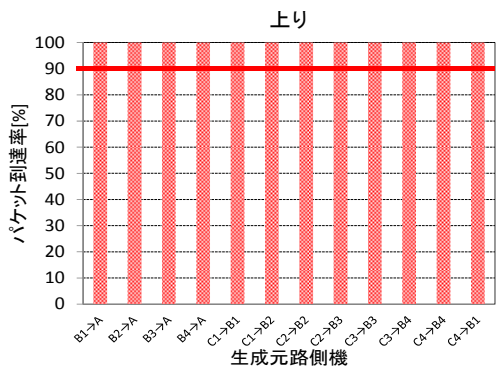


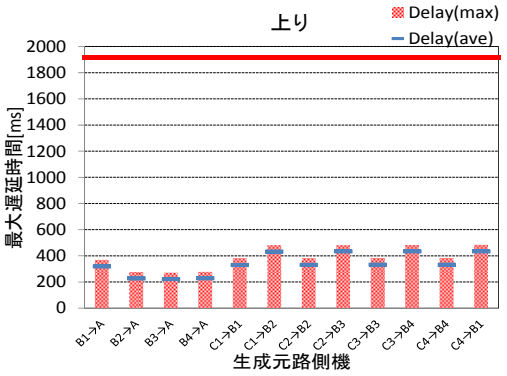


信号制御情報B









7. 通信シミュレーションの結果のまとめ

各通信における前提条件下において

①路側機無線スロットは、標準規格の16個以内に収まる

②車車間通信は、通信成功率が基準の９５%以上を満たす

③路車間通信は、通信成功率が基準の９９%以上を満たす

④路路間通信は、通信成功率が基準の９０%以上を満たす

遅延時間が基準の1895ms以下(中継有の場合はその基準値)を満たす

ご清聴ありがとうございました